# Modulbeschreibung 21-M-C1.4_ver1 Synthese - Theorie - Erweiterung - 5 LP

Fakultät für Chemie

*Version vom 25.11.2026*

Dieses Modulhandbuch gibt den derzeitigen Stand wieder und kann Änderungen unterliegen. Aktuelle Informationen und den jeweils letzten Stand dieses Dokuments finden Sie im Internet über die Seite

https://ekvv.uni-bielefeld.de/sinfo/publ/modul/50702368

Die jeweils aktuellen und gültigen Regelungen im Modulhandbuch sind verbindlich und konkretisieren die im Verkündungsblatt der Universität Bielefeld veröffentlichten Fächerspezifischen Bestimmungen.

# 21-M-C1.4_ver1 Synthese - Theorie - Erweiterung - 5 LP

## Fakultät

Fakultät für Chemie

## Modulverantwortliche*r

Prof. Dr. Norbert Sewald

## Turnus (Beginn)

Wird nicht mehr angeboten

## Leistungspunkte

5 Leistungspunkte

## Kompetenzen

In einem Modul Synthese - Theorie erwerben die Studierenden in thematisch gruppierten Spezialgebieten der Synthese-Chemie ein Fundament an Methoden und Theoriewissen.
Sie lernen, sich in relativ kurzer Zeit in eine komplexe neue Materie einzuarbeiten.
Neben Vermittlung des Wissens wird die Diskussionsfähigkeit, das Erkennen und Herausarbeiten von Prinzipien sowie die Kompetenz, plausible Lösungen vorzuschlagen und in Diskussionen zu vertreten, erworben.
Dadurch werden die Studierenden an die Anforderungen der Masterarbeit herangeführt.

## Lehrinhalte

Das Modul dient dem Erwerb vertiefter Kenntnisse in Spezialgebieten der Synthese-Chemie. Dazu werden Vorlesungen und Seminare als Wahlpflichtveranstaltungen angeboten. Diese werden nach Angebot und Interesse von den Studierenden thematisch gebündelt.
Die erworbenen Kenntnisse bilden das Fundament an Methoden und Theoriewissen, das für wissenschaftliches Arbeiten und von zukünftigen Arbeitgebern bei Absolventinnen/ Absolventen mit Schwerpunkt in der Synthese vorausgesetzt wird. Alle Veranstaltungen dienen dabei nicht nur der Wissensvermittlung sondern auch der analytischen Durchdringung der Materie und sollen die Studierenden in die Möglichkeit versetzen, sich in relativ kurzer Zeit in eine komplexe neue Materie einzuarbeiten.

In den Vorlesungen werden die grundlegenden Konzepte und Methoden vorgestellt. Eine Vertiefung erfolgt anhand von Monographien und Primärliteratur, die gegebenenfalls in Gruppenarbeit erschlossen wird. Einige Veranstaltungen werden von einem Seminar begleitet werden, in dem ein Problem theoretisch vor dem Hintergrund der bekannten Literatur bearbeitet wird. Dies setzt ein erhebliches Maß an Vorbereitung und Selbststudium vor bzw. nach der jeweiligen Veranstaltung voraus, um eine Durchdringung der Thematik in der Tiefe zu gewährleisten

Die Bausteine zur Bildung eines Moduls:

Heterocyclenchemie (Vorlesung)

Inhalte:
Heterozyklen zählen zu der größten Klasse organischer Verbindungen. Heterozyklische Strukturelemente tauchen in zahlreichen Natur-, Wirk- und Farbstoffen und auch vielen anderen industriell bedeutsamen Verbindungen auf. Die

Veranstaltung führt in die Eigenschaften, Synthesen und Reaktionen von Heteroaromaten und Heterozyklen ein. Dabei erfolgt auch eine Vertiefung der Themen "Aromatizität" und "Aromaten". Kenntnisse über Heterozyklen und Heteroaromaten sind eine Voraussetzung für zahlreiche weitere Spezialisierungen in der Chemie und der molekularen Biologie.

Organische Synthese mit Hauptgruppenorganylen (Vorlesung)

Inhalte:
Mehrstufige Synthesen ohne Beteiligung von metallorganischen Reagenzien sind extrem selten, was die Bedeutung dieser Reagenzien unterstreicht und ihre facettenreiche Chemie erahnen lässt. In dieser Veranstaltung werden die metallorganischen Reagenzien unter dem Aspekt ihres Synthesepotentials in der organischen Chemie beleuchtet.
Es werden die Darstellung und die Reaktionen von Alkali-, Erdalkali-, Zink-, Kupfer- und Bor-Organylen sowie Aspekte des Arbeitens mit derartigen metallorganischen Reagentien besprochen. Mit diesen Inhalten erweitert sich das Syntheserepertoire des Studierenden um Methoden, die heutzutage weder aus dem Labor noch aus der Industrie wegzudenken sind.

Industrielle Synthese

Inhalte:
In dieser Lehrveranstaltung stehen die unterschiedlichen Facetten der "Industriellen Synthese" im Fokus. Zunächst werden die verschiedenen Arten industrieller Produkttypen wie Basischemikalien, Spezialchemikalien, Feinchemikalien, Arznei- und Agrowirkstoffe besprochen, ebenso wie die Anforderungen zu deren Herstellung im technischen Maßstab. Anschließend erfolgt für die einzelnen Produkttypen anhand ausgewählter Beispiele eine repräsentative Übersicht industrieller Produktionsverfahren. In diesem Zusammenhang werden auch wichtige Kriterien an industrielle Prozesse wie beispielsweise Prozesseffizienz und Nachhaltigkeit besprochen. Ein Schwerpunkt der Vorlesung wird hierbei zudem auf katalytischen Produktionsverfahren liegen.

Bioanorganische Spektroskopie (Vorlesung/ Übung)

Inhalte:
Eine Vielzahl von Proteinen und Enzymen besitzen für ihre Funktionen essentielle Metallkofaktoren. Zur Bestimmung der geometrischen und elektronischen Strukturen von Metalloproteinen haben sich eine Vielzahl spektroskopischer Methoden etabliert, die sogar die Beobachtung des Katalysezyklus in situ erlauben. Hierbei bietet insbesondere der Paramagnetismus von Übergangsmetallionen eine lokale Sonde für das aktive Zentrum innerhalb der großen Proteinmatrix. Die Deutung der Ergebnisse paramagnetischer Methoden wie Magnetisierungsmessungen, Elektronenspinresonanz (ESR) oder magnetischer Zirkulardichroismus (MCD) basieren auf dem Spinhamilton-Operator Formalismus. Dieser wird in der Vorlesung behandelt, wobei keine theoretischen Vorkenntnisse vonnöten sind, und insbesondere auf die ESR Spektroskopie in Metalloproteinen angewandt.

Funktionsprinzipien von Metalloproteinen (Vorlesung/ Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Die Vorlesung baut auf der Vorlesung "Bioanorganische Chemie" im Bachelor-Studiengang auf und präsentiert in einer vertiefenden Darstellung die Funktion von Metallen und Nichtmetallen in biochemischen Prozessen.
Schwerpunkte dieser Vorlesung liegen im Elektronentransfer in biologischen Systemen, Metalloenzymen mit Lewis-sauren aktiven Zentren, der Biometallorganischen Chemie und den Metallen in der Medizin. Wichtige spektroskopische Methoden zur Struktur- und Funktionsaufklärung werden besprochen. Die Bedeutung biomimetischer Modellverbindungen zum einen für die Aufklärung der geometrischen und elektronischen Strukturen aktiver Zentren in Metallproteinen und zum anderen für Erkenntnisse bezüglich des Katalysemechanismus in Enzymen wird herausgestellt. Erste Ergebnisse zu funktionellen Modellkomplexen, die die Enzymfunktionen an niedermolekularen Komplexverbindungen nachahmen, werden diskutiert.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesung "Bioanorganische Chemie" des Bachelor-Studiengangs haben.

Moderne Molekülchemie der Hauptgruppenelemente (Vorlesung)

Inhalte:
Die Vorlesung greift aktuelle Themen von größerem Umfang in der Elementorganischen und Nichtmetall-Chemie auf

und vermittelt je ein Thema in einem Block von 2 Stunden. Die Inhalte werden permanent an neuere Entwicklungen angepasst und beinhalten derzeit:

- Neue Elementmodifikationen,
- Edelgaschemie,
- Materialien hoher Energiedichte,
- Nichtkoordinierende Anionen,
- Poly-Lewis-Säuren,
- Erdalkalimetall-Organyle,
- Mehrfachbindungen zwischen schweren Hauptgruppenelementen,
- Cluster-Verbindungen von Hauptgruppenelementen,
- Hydride der Hauptgruppenelemente,
- Niedervalente Elementverbindungen.

Schwerpunkte der Vorlesung liegen dabei auf einer exemplarischen Darstellung neuerer Entwicklungen auf den genannten Gebieten im Zusammenhang mit technischen Anwendungen, potentiellen Weiterentwicklungen und der Anwendung physikalischer Methoden der Strukturaufklärung. Damit bietet sich insbesondere ein Forum, um bekannte Prinzipien von Präparationsmethoden, Bindungsverhältnissen und Reaktivität sowie die Anwendung von Methoden der Strukturaufklärung an realen Beispielen zu erweitern und zu vertiefen.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesungen "Nichtmetallchemie" und "Organometallchemie der Hauptgruppenelemente" des Bachelor-Studiengangs haben.

Nanochemie und Nanomaterialien (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
In der Vorlesung werden grundlegende Strategien zur Herstellung von Nanomaterialien vorgestellt und die Prinzipien der Sebstorganisation zu Materialien über mehrere Größenordnungen behandelt. Es wird gezeigt, wie nano- und mikrometer- große Bausteine (deren Form, Zusammensetzung und Oberflächenfunktionalität über einen weiten Bereich variieren können) auf chemischem Wege dazu gebracht werden können, sich spontan in unerwartete Strukturen zu organisieren, die dann ihrerseits als maßgeschneiderte Funktionsmaterialien dienen können.

Moleküle und ihre Funktionen (Vorlesung/Übung)

Inhalte:

- Bindungskonzepte
- Fluorierungen
- Synthese unter supersauren Bedingungen

Röntgenstrukturanalyse (Seminar)

Inhalte:
Ziel der Veranstaltung ist es, Theorie und Praxis der Röntgenstrukturanalyse soweit zu erlernen, dass Strukturpublikationen interpretiert und verglichen, sowie einfache Strukturanalysen selbst durchgeführt werden können.
Folgende Themen sollen behandelt werden: Geschichtliches, Symmetrie im Kristallgitter, Kristallklassen, Raumgruppen, Röntgenquellen, Diffraktometeraufbau, Beugungsgeometrie, reziprokes Gitter, Strukturfaktoren, Intensitätsgleichung, Auslöschungen, Strukturlösung, Strukturverfeinerung, vergleichende Strukturauswertung, graphische Darstellung, Datenbankrecherche.

Struktur-Funktions-Korrelationen in der Koordinationschemie (Vorlesung/ Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Die Vorlesung baut auf der Vorlesung "Koordinationschemie" im Bachelor-Studiengang auf und informiert auf höherem Niveau über Synthese, Struktur, Reaktionen und Bindungsverhältnisse von Koordinationsverbindungen mit d- und f-Block-Elementen als Zentralatom und mit anorganischen sowie insbesondere organischen Systemen als Liganden. Die Voraussetzungen für interessante magnetische, optische und Redoxeigenschaften werden besprochen. Bezüge zur Anwendung in der molekularen Elektronik, dem molekularen Magnetismus, der homogenen Katalyse und der supramolekularen Chemie werden besonders herausgestellt.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesung "Koordinationschemie" des Bachelor-Studiengangs haben.

Angewandte Spektroskopie III: NMR-Spektroskopie, Massenspektrometrie (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Diese Vorlesung behandelt in möglichst breiter Weise die modernen analytischen Methoden. Dabei stehen einerseits spezielle Verfahren der Kernresonanz-Spektroskopie und der Massenspektrometrie im Vordergrund, andererseits stellen aber auch leistungsfähige Trennverfahren wie Gaschromatographie, Hochdruckflüssigkeitschromatographie, Elektrophorese u.a. Schwerpunkte dar. Hierauf aufbauend werden die heute gängigen Kopplungen von chromatographischen mit spektroskopischen Methoden besprochen sowie Potential und Anwendungen solcher Hybrid-Verfahren vorgestellt.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesung "Angewandte Spektroskopie I" und "Angewandte Spektroskopie II" des Bachelor-Studiengangs haben.

Chemische Biologie (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Die Chemische Biologie ist eine relativ junge Wissenschaft im Grenzgebiet zwischen Synthesechemie, Biochemie und Biologie. Sie fokussiert stärker als ihre Schwesterdisziplinen auf die molekularen Aspekte von Lebensprozessen und versucht durch eine Zusammenarbeit mit der präparativen Synthesechemie eigenständig Fragestellungen in diesem Themenkomplex zu lösen.
Die Vorlesung beschäftigt sich mit den Themen: Peptide und Peptidkonjugate zum Studium biochemischer Prozesse (Phosphopeptide, Glycopeptide); Chemische Synthese und Modifizierung von Proteinen - Ligationsstrategien; Proteinbiosynthese mit modifizierter tRNA; Aptamere: RNA und molekulare Erkennung; Molekulare Werkzeuge für die funktionelle Proteomanalytik.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesung "Einführung in die Biochemie" bzw. "Biochemie I" des Bachelor-Studiengangs haben.

Einführung in die Makromolekulare Chemie (Vorlesung)

Inhalte:
Kunststoffe sind als Konstruktionsmaterialien allgegenwärtig. Was molekular dahinter steckt und wie Polymere erzeugt werden, ist das Thema dieser Veranstaltung. Im Fokus stehen die Stufenwachstumspolymerisation sowie die radikalische und die anionische Polymerisation. In diesen Kontexten werden Emulsions- und Suspensionspolymerisation, Netzwerke, Polymertaktizität, grundlegende Polymereigenschaften, grundlegende Polymeranalytik, industrielle Darstellung von Polymeren. Diese Kenntnisse sind für viele Tätigkeitsbereiche in der chemischen und kunststoffverarbeitenden Industrie wichtig.

Makromolekulare Chemie - Vertiefung (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Aufbauend auf der Veranstaltung "Einführung in die Makromolekulare Chemie" werden in dieser Veranstaltung weitere wichtige Polymerisationsverfahren - kationische Polymerisation, ionische ringöffnende Polymerisation, kontrollierte radikalische Polymerisation, Ziegler-Natta-Polymerisation, Metallocen-induzierte Polymerisation, Olefinmetathese - vorgestellt und aktuelle Entwicklungen aufgezeigt. Zudem werden Themen des Materialdesigns, beispielsweise

Morphologie von Blockcopolymeren, polymertragende Oberflächen, stimulus-responsive Materialien, behandelt werden. Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesung "Einführung in die Makromolekulare Chemie" des Master-Studiengangs haben.

Medizinische Chemie (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Die Medizinische Chemie beschäftigt sich mit der Forschung und Entwicklung von Wirkstoffen, die für therapeutische Zwecke eingesetzt werden können. Wirkstoffe sind Substanzen, die einen bestimmten Effekt in einem biologischen System ausüben. Im Kontext der Medizinischen Chemie handelt es sich um Stoffe, die eine biochemische oder pharmakologische Wirkung zeigen und damit potentiell als Arzneimittel mit therapeutischem Effekt geeignet sind. Aufbauend auf dem Biochemie-Grundwissen über Enzymklassen und ihre Inhibitoren, Rezeptoren, Protein-Ligand-Wechselwirkung, Agonismus/Antagonismus, werden Konzepte der modernen Wirkstoffentwicklung (z.B. Proteasen, Kinasen, Ionenkanäle, G-Protein-gekoppelte Rezeptoren) diskutiert. Herangehensweisen der modernen Arzneimittelforschung werden vorgestellt: Pharmakophor-Hypothese, Peptidmimetica, Molekülvergleiche, Struktur-Aktivitäts-Beziehungen, Transport und Verteilung in biologischen Systemen. Neben kombinatorischen Syntheseverfahren wird auch das struktur- und computergestützte Design diskutiert. Der Weg von der chemischen Substanz zu einem neuen Arzneimittel wird exemplarisch beschrieben, in ausgewählten Beispielen wird die chemische Synthese diskutiert. Klassische Designmethoden werden mit neuen Techniken verglichen, um ein überschaubares Bild der multidisziplinären Arbeiten in der Arzneimittelforschung darzustellen.
Viele Absolventen in den Bereichen Chemie und Biochemie werden ihr späteres Berufsfeld in der Arzneimittelforschung finden. Aus diesem Grunde sind Grundkenntnisse über Medizinische Chemie und die dabei angewandten Methoden für die späteren Berufsaussichten essentiell.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesung "Einführung in die Biochemie" bzw. "Biochemie I" des Bachelor-Studiengangs haben.

Naturstoffchemie (Vorlesung/Übung ; 1/2-semestrig)

Inhalte:
Viele Naturstoffe sind Verbindungen, die Organismen zwar nicht unmittelbar zum Aufrechterhalten ihrer Lebensfunktion benötigen, diese dennoch bilden, da sie ihnen einen Überlebensvorteil bieten können.
Die Vorlesung beschäftigt sich vertiefend mit den Themen: Organische Chemie der Biosynthese B Mechanismen biochemischer Reaktionen (Terpene, Steroide, Prostaglandine); Biosynthese und Wirkmechanismus von Alkaloiden, Antibiotica (ß-Lactame, Glycopeptidantibiotica, En-Diine). In der Vorlesung werden somit verschiedene Klassen von Naturstoffen vorgestellt, andererseits wird exemplarisch an ausgewählten Beispielen die chemische Totalsynthese diskutiert, retro-synthetische Analysen werden durchgeführt.

Organische Synthese mit Biokatalysatoren I (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Der Einsatz von Enzymen als Katalysatoren in der organischen Chemie ermöglicht vielfach Syntheseverfahren, die von hoher Effizienz, Stereoselektivität und Nachhaltigkeit gekennzeichnet sind. Entsprechend besitzen Biotransformationen auch für die chemische und pharmazeutische Industrie einen hohen Stellenwert und finden insbesondere bei der Herstellung von Arzneistoffen im technischen Maßstab oftmals Anwendung.
In der Vorlesung werden zunächst Kriterien für effiziente (und industriell anwendbare) Biotransformationen vorgestellt und anhand von exemplarischen Synthesebeispielen verdeutlicht. Den Schwerpunkt der Vorlesung nimmt anschließend die Besprechung der einzelnen Enzymklassen im Hinblick auf deren Nutzung als Biokatalysatoren in der organischen Synthese ein. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf dem Einsatz von Hydrolasen, Lyasen und Oxidoreduktasen in der organischen Synthese. Hierbei wird auch auf Produktionsverfahren im industriellen Maßstab eingegangen, ebenso wie auf die (retro-synthetische) Einbindung von Biotransformationen in Mehrstufensynthesen zur Herstellung von chiralen Synthesebausteinen. Auch werden aktuelle Herausforderungen der Biokatalyse sowie entsprechende interdisziplinäre Lösungsansätze aufgezeigt.

Organische Synthese mit Biokatalysatoren (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Der Einsatz von Enzymen als Katalysatoren in der organischen Chemie ermöglicht vielfach Syntheseverfahren, die von

hoher Effizienz, Stereoselektivität und Nachhaltigkeit gekennzeichnet sind. Entsprechend besitzen Biotransformationen auch für die chemische und pharmazeutische Industrie einen hohen Stellenwert und finden insbesondere bei der Herstellung von Arzneistoffen im technischen Maßstab oftmals Anwendung.
Aufbauend auf dem ersten Teil dieser Vorlesungsreihe stehen in dieser Veranstaltung zunächst die gezielte Prozessentwicklung von effizienten Biotransformationen im Mittelpunkt. Hierbei werden Strategien zur Optimierung Enzym-katalytischer Reaktionen durch u.a. der Anwendung von Immobilisierungsmethoden, dem Einsatz von maßgeschneiderten rekombinanten Ganzzellkatalysatoren und dem "Engineering" des Reaktionsmediums besprochen. Auch auf die Möglichkeiten der Enzymoptimierung, beispielsweise mittels gerichteter Evolution, wird eingegangen. Einen weiteren Schwerpunkt der Veranstaltung bildet der Einbau von Biotransformationen als organisch-synthetische Schlüsselschritte bei der Entwicklung neuartiger und verbesserter retrosynthetischer Zugänge zu enantiomerenreinen Arzneistoffen. In diesem Zusammenhang werden auch aktuelle Beispiele aus der industriellen Biokatalyse vorgestellt.

Green Chemistry (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Ein wesentliches Ziel von "Green Chemistry", auch als nachhaltige Chemie bezeichnet, liegt in der Entwicklung von ressourcenschonenden und abfallvermeidenden Syntheseprozessen als auch von chemischen Produkten auf Basis nachwachsender Rohstoffe.
Im ersten Vorlesungsabschnitt werden effiziente nachhaltige Syntheseprozesse vorgestellt und deren Vorteile im Vergleich zu "klassisch-chemischen" Standardsynthesen" evaluiert. Ein weiterer Fokus liegt auf dem Ersatz von fossilen Rohstoffen durch nachwachsende Rohstoffen bei der Herstellung von industriell benötigten Grund- und Basischemikalien. Im abschließenden Teil der Veranstaltung wird auf bislang entwickelte Methoden zur quantitativen Bewertung der Nachhaltigkeit, u.a. das Konzept der Atomökonomie sowie die Berechnung des E-Faktors, eingegangen werden. Gerade auch die Anwendung solcher Bewertungsmethoden der Nachhaltigkeit von Syntheseprozessen hat in den vergangenen Jahren stetig steigende Bedeutung in der chemischen Industrie erfahren.

Organische Synthese mit Übergangsmetallen I (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Metallkatalysierte Reaktionen sind oftmals der Schlüsselschritt bei Synthesen, sei es in Forschung oder Produktion. In dieser Veranstaltung werden Pd-katalysierte Reaktionen mit dem Schwerpunkt auf CC-Bindungsbildung vorgestellt und ihr Anwendungspotenzial wird beleuchtet. Vorstellungen zu den Reaktionsmechanismen werden diskutiert. Die Synthese der Edukte wird ebenfalls ein Thema sein.
Für die Teilnahme an der Veranstaltung werden Kenntnisse zum Thema "Organische Synthese mit Hauptgruppenmetallorganylen" empfohlen.

Organische Synthese mit Übergangsmetallen II (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Aufbauend auf der Vorlesung "Organische Synthese mit Übergangsmetallen I", werden weitere metallkatalysierte Reaktionen besprochen und aktuelle Weiterentwicklungen, insbesondere Katalysatordesign und Substratbreite, vorgestellt. Neben CC-Bindungsbildung werden der Aufbau von C-Heteroatom-Bindungen sowie der Einsatz von anderen Metallen als Palladium besprochen.
Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesung "Organische Synthese mit Übergangsmetallen I" des Master-Studiengangs haben.

Stereoselektive Katalyse (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Katalytische Prozesse spielen eine zentrale Rolle in der industriellen Chemie, aber auch in der Biotechnologie. In der Vorlesung werden vorwiegend Prozesse vorgestellt, die unter homogener Katalyse ablaufen. Das Spektrum der Reaktionen reicht dabei von metallkatalysierten Umsetzungen bis hin zu Biotransformationen. Katalyseprozesse sind hinsichtlich ihrer Effizienz und Ökonomie sicherlich für alle chemischen Reaktionen wünschenswert. An einer Reihe von Beispielen wird Potential aber auch Limitationen von Katalyseprozessen bei der stereoselektiven Synthese aufgezeigt.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesung "Stereoselektive Synthesen" des Bachelor-Studiengangs haben.

Ungewöhnliche Kohlenstoffgerüste (Vorlesung/Übung, 1/2-semestrig)

Inhalte:
Der Aufbau ungewöhnlicher Kohlenstoffgerüste spielt eine zentrale Rolle in der Molekülchemie. Einerseits ist es - und bleibt es - eine Herausforderung, organisch-synthetische Methoden in phantasievoller und geschickter ("eleganter") Weise zur Erzeugung gespannter und damit besonders reaktiver Strukturen einzusetzen; andererseits ist der Zugang auch zu relativ spannungsarmen, aber neuartigen Gerüsten mit Hilfe verschiedenster etablierter oder auch neuerer Synthesereaktionen weiterhin ein attraktives Forschungsfeld.
Ziel dieser Vorlesung ist es, sowohl das Verständnis der Besonderheiten von Struktur und Reaktivität ungewöhnlicher Kohlenwasserstoff-Gerüste zu fördern, als auch anhand der ausgewählten Beispiele die verschiedenen Synthesemethoden und Synthesestrategien näher kennen zu lernen. Dies schließt kleine gespannte Polycyclen und verschiedene Käfigverbindungen, aber auch relativ große polykondensierte Aromaten mit planaren oder konvex-konkaven Strukturen ein. Dabei werden auch moderne C-C-Verknüpfungsverfahren besprochen. Gleichzeitig bietet sich ein Forum, um andere Aspekte der Organischen Synthese (Mechanismen, Reagenzien) eingehender zu diskutieren bzw. zu wiederholen.

Chemische Kreativität (Seminar)

Inhalte:
In diesem Seminar werden konkrete synthetische Fragestellungen, die sich aus den Interessen der Teilnehmer, aus den Forschungsgruppen der Universität und aus der Literatur ergeben, bearbeitet. Das fordert das Einbringen des gesamten Wissens, das in den einzelnen Teilveranstaltungen erworben wurde und veranlasst zum Nachlesen in der Originalliteratur. Das Seminar fördert die Fähigkeit das erworbene Wissen anzuwenden, auch auf (scheinbar) ganz andere Fragestellungen.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend den Vorlesungen "Heterocyclen", "Reaktionsmechanismen", "Metallorganik", "Stereoselektive Synthesen" des Bachelor-Studiengangs haben. Außerdem sind Kenntnisse aus den Veranstaltungen "Stereoselektive Katalyse", "Photochemie" und "Organische Synthese mit Übergangsmetallen" des Master-Studienganges wünschenswert.

Strukturaufklärung in der Molekularen Anorganische Chemie (Vorlesung)

Inhalte:
Die Vorlesung setzt an bei dem Kenntnisstand der Strukturaufklärung in Bachelorstudiengang und führt Methoden zur Strukturbestimmung ein oder vertieft die Kenntnisse. Die Veranstaltung nimmt auch Bezug auf das Seminar Röntgenstrukturanalyse. Ein Schwerpunkt der Veranstaltung liegt auf dem Bereich der Strukturaufklärung in unterschiedlichen Phasen und einem Vergleich der Resultate aus verschiedenen Methoden, a) bzgl. der physikalischen Verschiedenheit der Ergebnisse, b) bzgl. der Unterschiede der zu untersuchenden molekularen Substanz in verschiedene Phasen. Geometrie-liefernde Methoden stehen im Vordergrund. Ziel der Veranstaltung ist es, neben der Methodenkenntnis, publizierte strukturchemische Ergebnisse bezüglich deren Qualität aber auch Bedeutung einordnen und bewerten zu können und strukturchemische Ergebnisse zur Aufklärung und Interpretation chemischer Bindung zu nutzen. von Die Inhalte werden permanent an neuere Entwicklungen angepasst und beinhalten derzeit:

- Rotationsspektroskopie
- Gas-Elektronenbeugung
- Moderne Methoden der NMR-Spektroskopie
- Elektronendichtebestimmung
- Datenanalyse
- Topologieanalyse der Elektronendichte
- Phasenabhängigkeit chemischer Strukturen

Biocatalytic processes in organic chemistry

Inhalte:
Der Einsatz von Enzymen als Katalysatoren in der organischen Chemie ermöglicht vielfach Syntheseverfahren, die von hoher Effizienz, Stereoselektivität und Nachhaltigkeit gekennzeichnet sind. Entsprechend besitzen Biotransformationen auch für die chemische und pharmazeutische Industrie einen hohen Stellenwert und finden

insbesondere bei der Herstellung von Arzneistoffen im technischen Maßstab bereits oftmals Anwendung. In der Vorlesung werden zunächst die einzelnen Enzymklassen im Hinblick auf deren Nutzung als Biokatalysatoren in der organischen Synthese vorgestellt. Auch eingegangen wird hierbei auf Aspekte der Enzymkinetik sowie des mechanistischen Verlaufs der jeweiligen Biotransformationen. Ein besonderer Fokus bei der Auswahl der Enzymklassen liegt auf dem Einsatz von Hydrolasen, Lyasen und Oxidoreduktasen in der organischen Synthese. Die vorgestellten Synthesebeispiele beinhalten zudem Produktionsverfahren im industriellen Maßstab. Darüber hinaus wird auf die (retrosynthetische) Einbindung von Biotransformationen in Mehrstufensynthesen zur Herstellung von insbesondere chiralen Synthesebausteinen eingegangen. Der zweite Teil der Vorlesung fokussiert sich auf die Biokatalysator- und Bioprozessentwicklung und beginnt mit Kriterien für effiziente und industriell anwendbare Biotransformationen. Anschließend erfolgt zum Themengebiet der Biokatalysatorentwicklung die Besprechung von Immobilisierungsmethoden, dem Einsatz von maßgeschneiderten rekombinanten Ganzzellkatalysatoren und Möglichkeiten der Enzymoptimierung, beispielsweise mittels gerichteter Evolution und rationalem Proteineingineering. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf Aspekten der Bioprozessentwicklung. Hierbei wird auf Strategien zur Optimierung Enzym-katalytischer Reaktionen durch unter anderem dem "Engineering" des Reaktionsmediums als auch verfahrenstechnische Konzepte, einschließlich der Auswahl bestimmter Reaktortypen, eingegangen. In diesem Zusammenhang werden auch Beispiele aus der industriellen Biokatalyse vorgestellt. Im dritten Teil der Vorlesung werden aktuelle Herausforderungen der Biokatalyse sowie entsprechende interdisziplinäre Lösungsansätze aufgezeigt.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende, die Kenntnisse entsprechend der Vorlesung "Einführung in die Biochemie" bzw. "Biochemie I" des Bachelor-Studiengangs haben.

Organometallchemie: Grundlage und Katalyse

Inhalte:
Struktur und Bindung katalytisch relevanter Metalkomplexe, Liganden: Ligandentypen, s/ p-Hinbindung, ?x-Haptiziät etc.,
M -M Bindung (M = Metall) ,M -L Mehrfach Bindung (L = Ligand),M -C Bindung: Type und Eigenschaften,
Stabilität und Reaktivität: 18 Elektronenregel, Isolobale Beziehungen,Katalyse mit Übergangsmetall-Komplexen Katalysatortypen, Grundbegriffe (STY, TON, TOF etc.), Reaktionen-Mechanismen, Katalytische Zyklen,
Aktivität und Selektivität (Chiemo-, Regio-, Diastereo- und Enantio-Selektivität) und Steuerung, Anwendung von Katalysatoren in der Industrie: Fischer-Tropsch-Synthese, Olefin-Metathese, Shell Higher Olefin Process (SHOP), Olefin-Oxidation (Wacker-Verfahren), Aktuelle Forschungstrends (Kohlenstoff-basierte Liganden, Nachhaltige Katalyse).

Reaktive Zwischenstufen (Vorlesung, 1/2-semestrig)

Die meisten Reaktionen in der organischen Chemie laufen nicht in einem Schritt ab, sondern durchlaufen mehrere Schritte um das gewünschte Produkt zu generieren. Im Verlauf dieser mehrstufigen Reaktionssequenzen entstehen häufig kurzlebige Zwischenprodukte, die sich schnell in andere Zwischenprodukte, Produkte oder Nebenprodukte umwandeln. Da diese Zwischenprodukte hochreaktiv sind, können sie normalerweise nicht isoliert werden. Jedoch können ihre Existenz und Struktur durch theoretische und experimentelle Methoden nachgewiesen bzw. aufgeklärt werden. Ein Verständnis über reaktive Zwischenstufen ermöglicht uns Reaktionsmechanismen zu beschreiben, Reaktivitäten vorherzusagen und auch neue Methoden für die organische Synthese zu entwickeln. Die Vorlesung befasst sich insbesondere mit der Struktur, Generierung und Reaktivität von reaktiven Zwischenstufen. Schwerpunkt sind Carbokationen und Radikale, auch Carbanionen, Carbene und Nitrene werden besprochen.

Supramolekulare Chemie (Vorlesung)

Inhalte:
Einführung in die Supramolekulare Chemie von der Basis bis zu aktuellen Anwendungen

Die Vorlesung zur Supramolekularen Chemie beschäftigt sich mit der Synthese und Charakterisierung von höhermolekularen organisierten Systemen, in denen mehrere organische Bausteine spezifisch und typischerweise reversibel miteinander wechselwirken. Das Grundthema der Supramolekularen Chemie ist die molekulare Erkennung. Die aktuelle Bedeutung der Supramolekularen Chemie ergibt sich auch aus ihrer engen Verzahnung mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen, die von supramolekularen Konzepten oder Systemen profitieren. Hierzu zählen die Katalyse, die Nanotechnologie und die Nanomedizin.

Ausgewählte Themen

- Wechselwirkungen zwischen Molekülen
- Tenside, Mizellen, Vesikel und Membranen
- Wirt/Gast Systeme
- Foldamers
- Peptide, Protein und DNA

Die Vorlesung enthält einen geringen Seminaranteil, welcher u.a. der Auseinandersetzung mit dem Nobelpreis für Supramolekulare Chemie dient.

Chemische Energiekonversion: Von der natürlichen zur artifiziellen Photosynthese (Vorlesung)

Inhalte:
Die Vorlesung hat die Nachhaltigkeit in der Energieversorgung zum alleinigen Thema. Sie soll den Studierenden Impulse vermitteln, ihre künftige gesellschaftliche Rolle als Chemiker*innen in einer
globalisierten Welt, in der das Thema Energie eines der Schlüsselthemen der Zukunft sein wird, reflektiert einnehmen zu können.

Die Vorlesung wird folgende Themenblöcke beinhalten:
1. natürliche Photosynthese: Dunkel- und Lichtreaktion, Photosystem II, Lichtsammelpigment P680, Ladungstrennung, protonen-gekoppelter Elektronentransfer, oxygen evolving complex, Mangancluster, Wasseroxidation
2. Elektrochemie: Theorie, experimentelle Methoden, Elektrokatalyse, Anwendungen in der artifiziellen Photosynthese
3. Lichtsammelpigmente in der Chemie: Festkörper, Halbleiter, Bandlücke, $TiO_2$, $[Ru(bpy)_3]^{2+}$, Grätzel-Zelle
4. Reduktions-Katalysatoren für Protonenreduktion (hydrogen evolution reaction, HER) und Kohlendioxidreduktion
5. Wasseroxidationskatalyse (oxygen evolution reaction, OER)
6. Artifizielle Photosynthese: Zusammenbringen der drei notwendigen Komponenten: Photopigment, Reduktionskatalysator und Wasseroxidationskatalysator

## Empfohlene Vorkenntnisse

Alle Veranstaltungen richten sich an Studierende, die mindestens Kenntnisse mitbringen, die dem Stoff der Vertiefungsmodule des Bachelor-Studiengangs Chemie der Universität Bielefeld entsprechen.

## Notwendige Voraussetzungen

–

## Erläuterung zu den Modulelementen

Der Studierende wählt Veranstaltungen im Umfang von 4 LP.
Die Modulbausteine dürfen in den Modulen 21-M-C1 insgesamt nur einmal verwendet werden.

Modulstruktur: 1 bPr [1]

## Veranstaltungen

| Titel | Art | Turnus | Workload [5] | LP [2] |
|---|---|---|---|---|
| **Angewandte Spektroskopie III** | Vorlesung | SoSe | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Bioanorganische Spektroskopie** | Vorlesung | SoSe | 120 h | 4 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | (30 + 90) | |
| **Biocatalytic processes in organic chemistry** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (22 + 38) | 2 |
| **Chemische Biologie** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Chemische Energiekonversion: Von der natürlichen zur artifiziellen Photosynthese** | Vorlesung | WiSe | 120 h (30 + 90) | 4 |
| **Einführung in die Makromolekulare Chemie**<br>*Sofern diese Vorlesung bereits im Modul 21-M47 verwendet wurde, kann sie nicht erneut gewählt werden.* | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (30 + 30) | 2 |
| **Funktionsprinzipien von Metalloproteinen** | Vorlesung | WiSe | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Green Chemistry** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Heterocyclenchemie**<br>*Sofern diese Vorlesung bereits im Modul 21-M47 verwendet wurde, kann sie nicht erneut gewählt werden.* | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (30 + 30) | 2 |
| **Industrielle Synthese** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Makromolekulare Chemie Vertiefung** | Seminar o. Vorlesung mit Übungsanteil | Wintersemester oder Sommersemester | 120 h (30 + 90) | 4 |
| **Massenspektrometrie und Moleküleigenschaften**<br>*Die Vorlesung wurde letztmalig im Sommersemester 2015 angeboten.* | Vorlesung | auslaufend | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Medizinische Chemie** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Moderne Molekülchemie der Hauptgruppenelemente** | Vorlesung | WiSe | 120 h (30 + 90) | 4 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Moleküle und ihre Funktionen** | Vorlesung | WiSe | 120 h (30 + 90) | 4 |
| **Naturstoffchemie** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Organische Synthese mit Biokatalysatoren I** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Organische Synthese mit Biokatalysatoren II** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Organische Synthese mit Hauptgruppenorganylen**<br>*Sofern diese Vorlesung bereits im Modul 21-M47 verwendet wurde, kann sie nicht erneut gewählt werden.* | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (30 + 30) | 2 |
| **Organische Synthese mit Übergangsmetallen I** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Organische Synthese mit Übergangsmetallen II** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Organometallchemie: Grundlage und Katalyse** | Vorlesung | SoSe | 120 h (30 + 90) | 4 |
| **Reaktive Zwischenstufen** | Vorlesung | WiSe | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Röntgenstrukturanalyse** | Seminar | Wintersemester oder Sommersemester | 120 h (75 + 45) | 4 |
| **Seminar Chemische Kreativität** | Seminar | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Stereoselektive Katalyse** | Vorlesung | Wintersemester oder Sommersemester | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Struktur-Funktions-Korrelationen in der Koordinationschemie** | Vorlesung | WiSe | 60 h (15 + 45) | 2 |
| **Strukturaufklärung in der Molekularen Anorganische Chemie** | Vorlesung | WiSe | 120 h | 4 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | (30 + 90) | |
| **Supramolekulare Chemie**<br>*Vorlesung mit Seminaranteil in geringem Umfang* | Vorlesung | WiSe | 60 h (30 + 30) | 2 |
| **Ungewöhnliche Kohlenstoffgerüste** | Vorlesung | SoSe | 60 h (15 + 45) | 2 |

## Prüfungen

| Zuordnung Prüfende | Art | Gewichtung | Workload | LP[2] |
|---|---|---|---|---|
| Modulverantwortliche*r prüft oder bestimmt Prüfer*in<br>*30-45 Minuten. Prüfer sind die Lehrenden der besuchten Veranstaltungen.* | mündliche Prüfung | 1 | 30h | 1 |

## Weitere Hinweise

Bei dieser Version des Moduls handelt es sich um ein eingestelltes Angebot, sie wurde bis maximal Wintersemester 2021 /22 vorgehalten.

Bisheriger Angebotsturnus war jedes Semester.

## Legende

**1** Die Modulstruktur beschreibt die zur Erbringung des Moduls notwendigen Prüfungen und Studienleistungen.

**2** LP ist die Abkürzung für Leistungspunkte.

**3** Die Zahlen in dieser Spalte sind die Fachsemester, in denen der Beginn des Moduls empfohlen wird. Je nach individueller Studienplanung sind gänzlich andere Studienverläufe möglich und sinnvoll.

**4** Erläuterungen zur Bindung: "Pflicht" bedeutet: Dieses Modul muss im Laufe des Studiums verpflichtend absolviert werden; "Wahlpflicht" bedeutet: Dieses Modul gehört einer Anzahl von Modulen an, aus denen unter bestimmten Bedingungen ausgewählt werden kann. Genaueres regeln die "Fächerspezifischen Bestimmungen" (siehe Navigation).

**5** Workload (Kontaktzeit + Selbststudium)

**SoSe** Sommersemester

**WiSe** Wintersemester

**SL** Studienleistung

**Pr** Prüfung

**bPr** Anzahl benotete Modul(teil)prüfungen

**uPr** Anzahl unbenotete Modul(teil)prüfungen