

# MASTERSTUDIENGANG ANALYTIK

## Modulhandbuch

Naturwissenschaftliche Fakultät  
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

STAND 22.04.13



## Inhaltsverzeichnis

<b>Master-Studiengang Analytik – Pflichtmodule</b> .....	<b>4</b>
Grundlagen der Analytik I.....	5
Radiochemische Analytik.....	8
Grundlagen der Materialanalytik.....	12
Chemometrie.....	15
Grundlagen der Analytik II.....	18
Fortgeschrittene Materialanalytik.....	27
Bodenanalytik.....	30
Aktuelle Forschungsthemen der Analytik I.....	35
Aktuelle Forschungsthemen der Analytik II.....	37
Master-Arbeit.....	39
<b>Master-Studiengang Analytik – Wahlmodule</b> .....	<b>41</b>
Biomaterialien und Biomineralisation.....	60
Röntgenmethoden.....	64
Polymere Materialien.....	68
Fortgeschrittene Naturstoffanalytik.....	72
Pharmakologie und Toxikologie.....	76

# Master-Studiengang Analytik – Pflichtmodule

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Grundlagen der Analytik I	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Grundlagen der Analytik (4 SWS) P Grundlagen der Analytik (4 SWS)	
Semester	WS / 1. Semester	
Verantwortliche	Vogt	
Dozentin	Vogt	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik	
Arbeitsaufwand	90 h Präsenzzeit 150 h Selbststudium	
Leistungspunkte	8 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen in Anorganischer, Organischer und Physikalischer Chemie sowie in Physik	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen	
Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Powerpoint-Präsentation, teilweise Skript zur Vorlesung, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

Vorlesung Grundlagen der Analytik I
<p><b>Qualifikationsziele</b></p> <p><b>1.) Fachkompetenzen</b>  Die Studierenden verfügen über Kenntnisse von grundlegenden Begriffen und Arbeitsweisen in der Analytischen Chemie wie etwa der Probenahme, und Probenpräparation. Außerdem beherrschen sie die Grundlagen der Atomspektrometrie, der Röntgenspektrometrie, der Chromatographie, von elektrochemischen Analyseverfahren, der Elektrophorese und der Massenspektrometrie.</p> <p><b>2.) Methodenkompetenzen</b>  Die Studenten beherrschen die wichtigsten praktikumsrelevanten Methoden in Theorie und Anwendung.</p> <p><b>3.) Handlungskompetenzen</b>  Die Studierenden können ihre erlernten Kenntnisse verbal und schriftlich darstellen sowie die behandelten Grundlagen der verschiedenen Analyseverfahren wiedergeben.</p>

**Inhalte**

- Grundlegende Begriffe in der Analytischen Chemie
- Probennahme fester, flüssiger und gasförmiger Proben sowie spezieller Proben (Schmelzen, Stäube, Aerosole)
- Gesetzliche Regelungen
- Probenpräparation
  - Aufschlüsse
  - Extraktionen
  - Werkzeuge
  - Materialien
  - Gefährdungspotentiale
- Grundlagen der Atomspektrometrie
  - Spektrenaufbau
  - Emissions- und Absorptionsverfahren
  - Massenspektrometrischer Detektor
  - Schwerpunkte der praktischen Anwendung
  - Störungen und ihre Beseitigung
- Grundlagen der Röntgenspektrometrie
  - Spektrenaufbau
  - Wichtigste Gerätekomponenten
  - WDX- und EDX-Systeme
  - Schwerpunkte der praktischen Anwendung von Fluoreszenzmessungen
  - Störungen und ihre Beseitigung
- Grundlagen der Chromatographie
  - Theorie
  - Wichtigste Gerätekomponenten
  - Chromatographische Verfahren im Überblick (GC, HPLC, DC, SFC, IC)
  - Schwerpunkte der praktischen Anwendungen chromatographischer Verfahren
  - Störungen und ihre Beseitigung
- Grundlagen elektrochemischer Analyseverfahren
  - Theorie
  - Wichtigste praxisrelevante Analyseverfahren im Überblick
  - Ionenselektive Elektroden
  - pH-Messung
  - Fluorid-Messung
  - Störungen und ihre Beseitigung
- Grundlagen der Elektrophorese
  - Theorie
  - Wichtigste Gerätekomponenten
  - Anwendungsschwerpunkte
- Grundlagen der Massenspektrometrie
  - Theorie
  - Harte und weiche Ionisierungstechniken
  - Grundlegende Gerätekomponenten

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Überblick über Massenseparatoren</li> <li>○ Schwerpunkte der praktischen Anwendung</li> <li>● Fluoreszenz</li> <li>● Überblick über Massenseparatoren</li> </ul>
<p><b>Literatur</b></p> <p>[1] Skoog, Leary, „Instrumentelle Analytik“, Springer, 1992</p> <p>[2] Camman, „Instrumentelle Analytik“, Spektrum-Verlag, 2001</p> <p>[3] Schwedt, Vogt, „Analytische Trennmethoden“, Wiley-VCH, 2010</p>

<p><b>Praktikum Grundlagen der Analytik I</b></p>
<p><b>Qualifikationsziele</b></p> <p><b>1.) Fachkompetenzen</b> Die Studierenden wissen wie wichtige Analysengeräte bedient werden und wie Störungen bei den Messungen beseitigt werden können.</p> <p><b>2.) Methodenkompetenzen</b> Die Studenten sind in der Lage die wichtigsten Schritte von einem Versuch zu planen und chemische Analysen vorzubereiten. Außerdem können sie Messfehler erkennen und einfache Wege zur Beseitigung finden.</p> <p><b>3.) Handlungskompetenzen</b> Die Studierenden können Versuche mit atomspektrometrischen Emissions- und Absorptionsmessungen, der ICP-MS, der Ionenchromatographie, der Röntgenspektrometrie, HPLC, der Elektrophorese und mit ionenselektiven Elektroden durchführen. Zudem sind sie in der Lage möglicherweise auftretende Messfehler zu analysieren, zu beheben und die erhaltenen Messergebnisse zu interpretieren.</p>
<p><b>Inhalte</b></p> <p>Versuche zu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● atomspektrometrischen Emissions- und Absorptionsmessungen</li> <li>● ICP-MS, Ionenchromatographie</li> <li>● Röntgenspektrometrie</li> <li>● Ionenselektiven Elektroden</li> <li>● HPLC</li> <li>● Elektrophorese</li> </ul>
<p><b>Literatur</b></p> <p>s.o. – empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.</p>

## Radiochemische Analytik

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Radiochemische Analytik, Radioökologie und Grundlagen des Strahlenschutzes	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Kernphysikalische und kernchemische Grundlagen des Strahlenschutzes und der Radioökologie (2 SWS) V Nukleare Analysemethoden und Radioanalytik (2 SWS) V Strahlenschutz und Radioökologie (2 SWS) V Radioanalytik (6 SWS)	
Semester	WS / 1. Semester	
Verantwortlicher	Walther	
Dozenten	Walther, N.N.	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik	
Arbeitsaufwand	135 h Präsenzzeit 225 h Selbststudium	
Leistungspunkte	12 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen in Analytischer, Anorganischer und Physikalischer Chemie sowie in der Physik	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, Abgabe und Korrektur der geforderten Protokolle, Abschlussprüfung	
Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung (60 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint-Präsentation, DVD mit Unterlagen aller Lehrveranstaltungen	

### Qualifikationsziele des Moduls insgesamt

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden verfügen über Grundkenntnisse im Strahlenschutz, der Radioökologie und der Radioanalytik. Diese beinhalten die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, verschiedene Strahlenmessverfahren, das Verhalten radioaktiver Kerne in biologischen und ökologischen Systemen, die Abschätzung von Strahlenrisiken, Grenzwerte und die Analytik von und mit radioaktiven Materialien als Schwerpunkte.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten sind in der Lage die Strahlenrisiken durch angewandte Strahlenmessverfahren einzuschätzen und beherrschen nukleare Analysemethoden.



### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden können die erlernten Themengebiete aus den Vorlesungen „Kernphysikalische und kernchemische Grundlagen des Strahlenschutzes und der Radioökologie“, „Nukleare Analysemethoden und Radioanalytik“, „Strahlenschutz und Radioökologie“ und „Radioanalytik“ verbal und schriftlich darstellen. So sind sie beispielsweise in der Lage den Alpha-, Beta- und Gamma-Zerfall sowie die spontane und induzierte Spaltung anhand von erlernten Theorien und Kernmodellen zu beschreiben sowie die Messunsicherheiten von nuklearen Analysemethoden nach DIN und ISO zu beurteilen.

#### Vorlesung Kernphysikalische und kernchemische Grundlagen des Strahlenschutzes und der Radioökologie

##### Inhalte

- Eigenschaften der Atomkerne und die sie beschreibenden Kernmodelle
- Phänomenologie des radioaktiven Zerfalls
- Theorien zur Beschreibung von Alpha-, Beta- und Gamma-Zerfall sowie von spontaner und induzierter Spaltung
- Einführung in die Neutronenphysik
- Kernreaktionen
- Grundlagen der Reaktorphysik
  - Entstehung von Transuranen im Reaktor
  - Erweiterung des Periodensystems der Elemente
  - Erzeugung überschwerer Kerne
- Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Strahlenmessverfahren und das Verhalten radioaktiver Kerne in biologischen und ökologischen Systemen zum Verständnis der Dosimetrie von Strahlenexpositionen

#### Vorlesung Nukleare Analysemethoden und Radioanalytik

##### Inhalte

- Grundlagen der Analytik von radioaktiven Stoffen und der Analytik
  - radioaktive Stoffe
  - nukleare Methoden
- Einsatz von Tracertechniken anhand von Anwendungen in den Umweltwissenschaften
- Einsatz der Isotopenverdünnungsanalyse anhand von Anwendungen in den Umweltwissenschaften
- Messtechnische Grundlagen der Kernspektrometrie
- Detaillierte Ausführungen über die folgenden Analysemethoden
  - XFA
  - PIXE
  - INAA
  - RNAA
  - AMS

○ RIMS

- Einführung in Messunsicherheiten und charakteristische Grenzen nach DIN und ISO

## Vorlesung Strahlenschutz und Radioökologie

### Inhalte

- Ionisierende Strahlung
- Radioaktiver Zerfall
- Wechselwirkung von Strahlung mit Materie
- Strahlenmessverfahren
- Dosimetrie
- Biologische Strahlenwirkungen
- Einwirkung von radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung auf den Menschen
- Belastungspfade
- Radioökologische Modellierung der Wege radioaktiver Stoffe zum Menschen
- Natürliche Strahlenexposition
- Zivilisatorische Strahlenexposition
- Abschätzung von Strahlenrisiken
- Strahlendosis und Strahlenrisiko
- Dosiswirkungsbeziehungen
- Strahlenschutzgrundsätze
- Festlegung von Dosisgrenzwerten
- Strahlenschutzmaßnahmen
- EURATOM Grundnormen und gesetzliche Regelungen

### Literatur

- [1] G.R. Choppin, J.O. Liljenzin, J. Rydberg, Radiochemistry and Nuclear Chemistry, 3rd ed. <http://book.nc.chalmers.se> ,
- [2] H.-G. Vogt, H. Schultz: Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, 3. Aufl., Hanser Verlag München 2004
- [3] Karlsruher Nuklidkarte
- [4] Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)
- [5] R. Michel, K. Kirchhoff, Nachweis-, Erkennungs- und Vertrauensgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen, Publikationsreihe FORTSCHRITTE IM STRAHLENSCHUTZ des Fachverbandes für Strahlenschutz, FS-99-108-AKSIGMA, ISSN 1013-4506, TÜV-Rheinland Verlag, Köln (1999)
- [6] ISO Guide for the expression of uncertainty in measurement, ISO, Geneva, corrected reprint (1995)
- [7] G. F. Knoll. Radiation Detection and Measurements. John Wiley&Sons, Inc. (2000)
- [8] DVD mit Unterlagen aller Lehrveranstaltungen, auch verfügbar unter [www.zsr.uni-hannover.de](http://www.zsr.uni-hannover.de)

## Praktikum Radioanalytik

### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden verfügen über praktische Kenntnisse im Umgang mit radioanalytischen Verfahren und deren Einsatzgebieten und Grenzen.

**2.) Methodenkompetenzen**

Die Studenten sind in der Lage Methoden zur Messung der Ortsdosisleistung oder von Kontaminationen anzuwenden.

**3.) Handlungskompetenzen**

Die Studierenden können die Ortsdosisleistung oder Kontaminationen messen und dabei mit dem Stabdosisimeter, dem Geiger-Müller-Zählrohr, dem Proportionalzählrohr oder dem Kontaminationsmonitor umgehen. Außerdem beherrschen sie die Alpha-, Gamma- und Flüssigszintillationsspektrometrie.

**Inhalte**

- Stabdosisimeter
- Messung der Ortsdosisleistung
- Geiger-Müller-Zählrohr
- Statistik des radioaktiven Zerfalls
- Absorption von Beta- und Gamma-Strahlung
- Rückstreuung von Beta-Strahlung
- Entstehung und Zerfall radioaktiver Kerne
- Neutronenquelle
- Aktivierungsanalyse
- Proportionalzählrohr
- Kontaminationsmonitor und Messung von Kontaminationen
- Gamma-Spektrometrie mit Halbleiterdetektoren
- Bestimmung von  $^3\text{H}$  in Wasser mittels Flüssigszintillationsspektrometrie
- Bestimmung von  $^{40}\text{K}$  mittels Cherenkov-Zähler
- Bestimmung von Uranisotopenverhältnissen in Pechblende mittels Alpha-Spektrometrie
- Messung von Oberflächenkontaminationen (erforderlich für Fachkunde nach StrlSchV)

**Literatur**

- [1] G.R. Choppin, J.O. Liljezin, J. Rydberg, Radiochemistry and Nuclear Chemistry, 3rd ed. <http://book.nc.chalmers.se> ,  
[2] H.-G. Vogt, H. Schultz: Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, 3. Aufl., Hanser Verlag München 2004

## Grundlagen der Materialanalytik

Studiengang	Master-Studiengang Material- und Nanochemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Grundlagen der Materialanalytik	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Grundlagen der Materialanalytik (2 SWS) P Grundlagen der Materialanalytik (3 SWS)	
Semester	WS / 1. Semester	
Verantwortlicher	Caro	
Dozenten	Giese, Lacayo, Caro, Wiebcke	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik M. Sc. Material- und Nanochemie	
Arbeitsaufwand	56 h Präsenzzeit 124 h Selbststudium	
Leistungspunkte	6 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in anorganischer, organischer und physikalischer Chemie, Grundkenntnisse in instrumentellen Analyseverfahren	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen	
Prüfungsleistung	Klausur (2 h) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Powerpoint-Präsentation, teilweise Skript zur Vorlesung, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

### Vorlesung Grundlagen der Materialanalytik

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden besitzen Vorstellungen über die wichtigsten Festkörpermateriale und kennen die Methoden zur Charakterisierung von Festkörpern, zu denen die anorganischen Bulk-Materialien, organische Polymere, Nanoteilchen und auch die Komposite gehören. Sie erwerben Grundlagen über die hochauflösende analytische Elektronenmikroskopie am Beispiel von mikro- und nanostrukturierten Feststoffen (EDXS, SAED, TEM, SEM). Sie eignen sich die Verfahren und Modelle zur Ermittlung der Porosität von Festkörpern durch die Adsorption von Gasen, speziell der Quecksilberintrusionsporosimetrie, an und kennen die Anwendungsmöglichkeiten der Röntgenkleinwinkelstreuung (SAXS) sowie die speziellen Röntgenbeugungsmethoden an Pulverproben, aus denen sie über die Reflexverbreiterung auf die Teilchengröße schließen können (Scherrer-Formel). Sie beherrschen die Grundprinzipien thermoanalytischer Verfahren zur Materialcharakterisierung an Beispielen von Elastomeren und Polymeren hinsichtlich ihrer Identifizierung, Mikrostrukturaufklärung und quantitativer Analyse.

Sie kennen die Gelpermeationschromatographie sowie die Besonderheiten der optischen Spektroskopie an Oberflächen und bei der Charakterisierung von Festkörpern.

## 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, unter Verwendung ihrer Fachkenntnisse die Materialeigenschaften von Festkörpermaterialien zu beurteilen und darauf basierend die einzelnen analytischen Verfahren anzuwenden. Sie kennen Beispiele zur Bestimmung der Größe und Form von dispergierten Nanoteilchen und zur Analyse der Struktur und Porosität amorpher Gele. Sie können im Falle der UV/Vis-Spektroskopie die diffuse Reflexion und den Kubelka-Munk-Formalismus zur Vermessung von Festkörpern zur Separierung der zu ermittelnden Absorption von unerwünschten Lichtstreuungen anwenden. Sie sind in der Lage Molmassen und Molmassenverteilungen von Polymeren zu charakterisieren und die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen analytischen Methoden gegeneinander abzuwägen und zu bewerten.

## 3.) Handlungskompetenzen

Sie sind in der Lage materialanalytische Sachverhalte verbal und schriftlich darzustellen. Sie können Literaturrecherchen zum Thema durchführen und zur Lösung und Erklärung von Problemstellungen anwenden.

## Inhalte

- Grundlagen der Elektronenmikroskopie (Geräteaufbau, Kontrastentstehung, Abbildungsmodi und Abbildungsfehler)
  - energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDXS)
  - Elektronenbeugung (SAED)
  - Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)
  - Rasterelektronenmikroskopie (SEM)
  - Röntgenbeugung an Pulverproben (Debye-Scherrer-Verfahren)
  - Röntgenkleinwinkelstreuverfahren (SAXS)
- Verfahren und Modelle zur Bestimmung der Porosität, der inneren Oberflächen und der Porengrößenverteilungen
- Quecksilberintrusionsporosimetrie
- Thermoanalytische Verfahren zur Materialcharakterisierung
  - Thermogravimetrie (TGA)
  - Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK bzw. DSC)
  - Thermomechanische Analyse (TMA)
- Gelpermeationschromatographie (GPC)
- Optische Spektroskopie
  - Raman-Spektroskopie
  - IR-Spektroskopie (u.a. Messmethoden in ATR-Anordnung)
  - UV/Vis-Spektroskopie (diffuse Reflexion, Kubelka-Munk-Formalismus)

## Literatur

- [1] W. F. Hemminger, H. K. Cammenga: Methoden der thermischen Analyse, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1989, S. 57
- [2] Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Bd. 5, Analysen und Messverfahren, Verlag Chemie Weinheim
- [3] D. W. Brazier, Applications of Thermal Analytical Procedures in study of Elastomers and Elastomer Systems, Rubber Chemistry and Technology, Vol. 53, S. 487 ff.

[4] H. Kuzmany: Festkörperspektroskopie, Springer Verlag, 1990  
 [5] J.I. Goldstein, Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis, 3. ed., Kluwer Acad./Plenum Publ., New York, 2003  
 [6] L. Reimer, Scanning electron microscopy : physics of image formation and microanalysis, 2. ed., Springer, Berlin (1998)  
 Empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.

## Praktikum Grundlagen der Materialanalytik

### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erwerben praktische Kenntnisse zu den Möglichkeiten und Grenzen der Charakterisierung von unterschiedlichen Festkörpern und Festkörper-Komposit-Materialien mit ausgewählten analytischen Verfahren.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Sie beherrschen die experimentellen Methoden um die gesetzten Ziele zu erreichen und können verschiedene Methoden zur Lösung der Aufgabenstellungen kreativ nutzen und ihre erworbenen Kenntnisse darauf anwenden. Sie kennen die Verfahren zur Charakterisierung der Struktur von Festkörpern (REM, UV-Vis-Messungen), zur Identifizierung von Polymermatricen und Additiven in Elastomeren durch FT-IR spektroskopische Verfahren, zur Charakterisierung der Molmasse und Molmassenverteilung von Polymeren durch GPC sowie thermoanalytische Verfahren zur Bestimmung von Eigenschaften, wie das Schmelzverhalten.

#### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage materialanalytische Sachverhalte schriftlich sowie verbal darzustellen. Sie können zur Realisierung von Aufgabenstellungen im Praktikum essentielle Angaben herausarbeiten, strukturieren und infolge dessen Schlussfolgerungen ziehen. Sie sind in der Lage über ihre Ergebnisse entsprechend wissenschaftlicher Gepflogenheiten zu diskutieren und mit Hilfe wissenschaftlicher Literatur zu erklären und zu begreifen. Sie führen die Praktikumsversuche unter den Arbeitsschutzvorschriften sorgfältig, gefahrlos und sicher im vorgegebenen Zeitrahmen durch und zeigen Verantwortungsbewusstsein in Hinsicht auf die Anwendung von Messgeräten und den Chemikalien.

### Inhalte

#### Versuche zu(r)

- Adsorption von Gasen an porösen Festkörpern
- Rasterelektronenmikroskopie zur Ermittlung der Mikrostruktur synthetischer Materialien
- optischen Methoden zur Festkörpercharakterisierung (Messung von UV/Vis-Spektren in diffuser Reflexion an Pulvern und Dünnschichten von Halbleitern und Kompositproben)
- thermoanalytischen Verfahren wie DSC und TGA
  - Quantitative Elastomeranalyse
  - Thermische Stabilität von Polymeren
  - Glas- und Schmelzpunktsbestimmungen
  - Kristallisationsverhalten
- Identifizierung von Additiven in Elastomeren und Identifizierung von Polymermatricen

(Thermoplasten, Kautschuke) mittels FT-IR spektroskopischer Verfahren (Transmission und ATR)

- Charakterisierung der Molmasse und Molmassenverteilung von Polymeren mittels GPC

#### Literatur

s.o. – empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Chemometrie	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Chemometrie (3 SWS)	
Semester	WS/ 1. Semester (1 SWS) und SS/ 2. Semester (2 SWS)	
Verantwortliche	Vogt	
Dozenten	Kühn-Stoffers, Lacayo-Pineda, Lehmann	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik	
Arbeitsaufwand	34 h Präsenzzeit 86 h Selbststudium	
Leistungspunkte	4 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Grundkenntnisse in EDV , ortgeschrittene Kenntnisse in der Chemie	
Studienleistungen	Keine	
Prüfungsleistung	Klausur (2 h) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Powerpoint-Präsentation, teilweise Skript zur Vorlesung, Übungsaufgaben	

### Vorlesung Chemometrie

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studenten kennen grundlegende statistische Methoden und verfügen über das Wissen verschiedener für die Analytik wichtiger Bereiche der Datenauswertung, der aktuellen Entwicklungen und gesetzlicher Vorgaben im Bereich der analytischen Qualitätssicherung.

##### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden verfügen über umfangreiche Kenntnisse in der Auswertung, Darstellung und kritischen Beurteilung von Messdaten. Außerdem beherrschen sie statistische Auswertemethoden in der chemischen Analytik.

##### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studenten sind in der Lage Verfahren zur Ermittlung der Messunsicherheit anzuwenden und Analyseverfahren zu validieren. Zudem können sie Spektren mittels Hauptkomponentenanalyse auswerten und Messdaten metrologisch rückführen.

#### Inhalte

- Statistische Auswertemethoden in der chemischen Analytik
- Validierung von Analyseverfahren
- Verfahren zur Ermittlung der Messunsicherheit
- Metrologische Rückführbarkeit von Messdaten



- Analytische Qualitätssicherung in der Routine
- Grundlagen der statistischen Versuchsplanung
- Nichtlineare Kalibrationsmodelle
- Varianzanalyse
- Multivariate Analysenverfahren
- Auswertung von Spektren mittels Hauptkomponentenanalyse
- Fourier-Transformation und Bildanalyse

#### Literatur

- [1] Danzer, Hobert, Fischbacher, Jagemann: Chemometrik Grundlagen und Anwendungen, Springer Verlag 2001  
[2] Funk, Damman, Donnevert: Qualitätssicherung in der Analytischen Chemie, Wiley-VCH 2005

## Grundlagen der Analytik II

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Grundlagen der Analytik II	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Grundlagen der Analytik II (2 SWS)	
Semester	SS / 2. Semester	
Verantwortliche	Vogt	
Dozentin	Vogt	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik	
Arbeitsaufwand	22.5 h Präsenzzeit 97.5 h Selbststudium	
Leistungspunkte	4 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen in Analytischer, Anorganischer, Organischer und Physikalischer Chemie sowie in Physik	
Studienleistungen	Keine	
Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Powerpoint-Präsentation, Skript zur Vorlesung	

Vorlesung Grundlagen der Analytik II
<p><b>Qualifikationsziele</b></p> <p><b>1.) Fachkompetenzen</b> Die Studierenden verfügen über einen Überblick zu den wichtigsten Arbeitsgebieten in der Analytischen Chemie sowie den Besonderheiten spezieller Arbeitsgebiete und den darin bearbeiteten aktuellen Fragen und Problematiken. Zu diesen speziellen Arbeitsgebieten gehören die Umweltanalytik, die Speziesanalytik, die Ultraspurenanalytik, die Hauptkomponentenbestimmung, die Charakterisierung chiraler Verbindungen, die Charakterisierung von Makromolekülen, die Entwicklungen auf dem Gebiet miniaturisierter und portabler Analysenverfahren und die Analytik von Kunstobjekten.</p> <p><b>2.) Methodenkompetenzen</b> Die Studenten beherrschen Methoden der Probenahme und Probenaufbereitung. Außerdem können sie Fragestellungen aus dem Bereich der speziellen Arbeitsgebiete bearbeiten.</p> <p><b>3.) Handlungskompetenzen</b> Die Studierenden sind in der Lage die erlernten Kenntnisse aus den wichtigsten Arbeitsgebieten in der Analytischen Chemie verbal und schriftlich darzustellen. Sie können die Genauigkeit, die Möglichkeiten und die Grenzen der verschiedenen Analysen beurteilen und deren Fehlerquellen und ihre Auswirkungen analysieren. Zudem sind sie imstande</p>

spezielle Problematiken der Arbeitsgebiete zu diskutieren.

### Inhalte

- Überblick über die wichtigsten problemorientierten Arbeitsgebiete der Analytischen Chemie
- Einführungen in die speziellen Problematiken der Gebiete
  - Umweltanalytik (Kompartimente Luft, Wasser, Boden, Biosphäre)
  - Speziesanalytik
    - spezielle Anforderungen an Probenahme und Probenaufbereitung
    - geeignete Analysenverfahren
    - Probleme in Abhängigkeit von der Matrix und den zu bestimmenden Spezies
    - Beispiele aus den Bereichen Anorganische und Organische Chemie sowie Biochemie
    - Möglichkeiten und Grenzen von Kopplungsverfahren
  - Ultraspurenanalytik
    - Reinraumbedingungen
    - spezielle Laborgeräte und Chemikalien
    - Anreicherungsverfahren
    - Analysengenauigkeit
  - Hauptkomponentenbestimmung
    - Genauigkeit der Analysen
    - Fehlerquellen und ihre Auswirkungen
    - geeignete Verfahren für Präzisionsbestimmungen
  - Charakterisierung chiraler Verbindungen
    - Chiralitätskriterien
    - wichtigste analytische Verfahren
    - Schwerpunkt auf chromatographischen und elektrophoretischen Techniken
    - Anwendungen in der Praxis
  - Charakterisierung von Makromolekülen
    - spezielle Fragestellungen
    - massenspektrometrische Verfahren
    - Größenausschlusschromatographie
    - Feldflussfraktionierung
    - Gelelektrophorese
  - Analytik von Kunstobjekten
    - zerstörungsfreie Analysen
    - Alterungsproblematik
    - Beprobungsstrategien
    - Festkörperspektroskopische Verfahren
    - Repräsentanz der Ergebnisse
  - Miniaturisierte und portable Analysenverfahren
    - Gründe und Kriterien für Miniaturisierung
    - Vorstellung ausgewählter Verfahren (Chromatographie, Röntgenspektroskopie, u.a.)

### Literatur

[1] Skoog, Leary, „Instrumentelle Analytik“, Springer, 1992

[2] Camman, „Instrumentelle Analytik“, Spektrum-Verlag, 2001

[3] Schwedt, Vogt, „Analytische Trennmethoden“, Wiley-VCH, 2010

Weiterführende (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.

## Strahlenschutzfachkunde

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Strahlenschutzfachkunde	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Strahlenschutzfachkunde (2 SWS)	
Semester	SS / 2. Semester	
Verantwortlicher	Walther	
Dozenten	Walther, N.N.	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik	
Arbeitsaufwand	22.5 h Präsenzzeit 37.5 h Selbststudium	
Leistungspunkte	2 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Erfolgreicher Abschluss des Moduls Radioanalytik	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in Strahlenschutz und Radioökologie	
Studienleistungen	Keine	
Prüfungsleistung	Klausur (2 h) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint-Präsentation	

### Vorlesung Strahlenschutzfachkunde

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erlangen durch die Vorlesung und die dazu angebotene Klausur das notwendige Fachwissen zum Erwerb des Scheines für Fachkunde im Strahlenschutz gemäß der Richtlinie (Anlage zum Rundschreiben des BMU vom 18.06.2004 zur StrlSchV vom 20.07.2001 nach Strahlenschutzverordnung (StrSchV)). Sie kennen die notwendigen Richtlinien, Normen und Gesetze für den Umgang, die Lagerung und Entsorgung radioaktiver Materialien in der Industrie und Technik sowie die Grundlagen des Strahlenschutzes und Arbeitsschutzes sowie der Methoden der Strahlenschutzmessungen.

##### 2.) Methodenkompetenzen

Sie verstehen die für die Sicherheit und für den Schutz von Mensch und Umwelt vor Schäden durch ionisierende und nichtionisierende Strahlung erforderlichen Grenzwerte und Schutzmaßnahmen, die auf die Bevölkerung und den beruflichen Umgang mit Radioaktivität und Röntgen- bzw. Höhenstrahlen ausgerichtet sind. Sie kennen grundlegende Methoden zur Strahlenmessung und zur Ermittlung interner und externer Strahlenexposition im Hinblick auf natürliche und durch Menschen verursachte Strahlungen, die Aufgabenbereiche und Verpflichtungen Strahlenschutzbeauftragter im Unternehmen/in der Industrie, die Genehmigungen und Bestimmungen für den Umgang mit Strahlenquellen sowie deren typischen Anwendungen in der Technik und Industrie.

### 3.) Handlungskompetenzen

Sie können Risiken und Gefahren beim Umgang mit radioaktiven Stoffen einschätzen und beurteilen. Sie sind mit den wesentlichen Begriffen und Einheiten vertraut und können diese zur Darstellung fachgerechter Inhalte nutzen. Durch das Abschließen dieses Moduls einschließlich des Moduls „Radioanalytik“ sind sie qualifiziert als Strahlenschutzbeauftragter in Unternehmen mitzuwirken und Pflichten sowie Aufgaben in den Bereichen zu übernehmen.

#### Inhalte

- Euratom-Grundnormen
- Atomgesetz
- Strahlenschutzverordnung
- Internationale Empfehlungen (ICRP, IAEA)
- Verwaltungsvorschriften
- Gefahrgutvorschriften
- Bauartzulassung
- Organisation des Strahlenschutzes
- Strahlenschutzgrundsätze
- Grundpflichten
- Genehmigungs- und Anzeigeverfahren
- Entscheidungsbereiche
- Befugnisse
- Unterweisung
- Buchführung und Dokumentation
- Strahlenschutzanweisung
- Einteilen und Überwachen von Strahlenschutzbereichen und Personen
- Dichtheitsprüfung
- Arbeitsmedizinische Vorsorge
- Lagerung, Sicherung, Abgabe und Erwerb radioaktiver Stoffe bzw. Abfälle
- Freigabe
- Beschäftigungsverbote und -beschränkungen
- Eichung von Strahlenmessgeräten
- Dosisbegriffe und -einheiten
- Ermittlung externer und interner Strahlenexposition
- Messverfahren und Messgeräte
  - Orstdosisleistungsmessung
  - Personendosismessung
  - Inkorporationsmessung und -überwachung
  - Körperdosisermittlung
  - Kontaminationsmessung u. -überwachung
  - Funktionskontrolle von Messgeräte
- Ableitung radioaktiver Stoffe
- Dekontamination von Oberflächen und Materialien
- Radioaktive Abfälle
- Strahlenschutzbereiche
- Technische Schutzmaßnahmen
- Laboreinrichtungen
- Personendekontamination

- Maßnahmen und Verhalten bei Stör- und Unfällen
- Abhandenkommen, Diebstahlsicherung, Brandschutz

#### Literatur

- [1] G.R. Choppin, J.O. Liljenzin, J. Rydberg, Radiochemistry and Nuclear Chemistry, 3rd ed. <http://book.nc.chalmers.se>
- [2] H.-G. Vogt, H. Schultz: Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, 3. Aufl., Hanser Verlag München 2004
- [3] Karlsruher Nuklidkarte,
- [4] Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)
- [5] R. Michel, K. Kirchoff, Nachweis-, Erkennungs- und Vertrauensgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen, Publikationsreihe FORTSCHRITTE IM STRAHLENSCHUTZ des Fachverbandes für Strahlenschutz, FS-99-108-AKSIGMA, ISSN 1013-4506, TÜV-Rheinland Verlag, Köln (1999)
- [6] ISO Guide for the expression of uncertainty in measurement, ISO, Geneva, corrected reprint (1995)
- [7] G. F. Knoll. Radiation Detection and Measurements. John Wiley&Sons, Inc. (2000)
- [8] DVD mit Unterlagen aller Lehrveranstaltungen, auch verfügbar unter [www.zsr.uni-hannover.de](http://www.zsr.uni-hannover.de)

## Bioanalytik

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Bioanalytik	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Bioanalytik (2 SWS) P Bioanalytik (3 SWS)	
Semester	SS / 2. Semester	
Verantwortlicher	Scheper	
Dozenten	Scheper, Berger, Krings, Stahl, Beutel	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik B. Sc. Life Science	
Arbeitsaufwand	56 h Präsenzzeit 124 h Selbststudium	
Leistungspunkte	6 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Grundkenntnisse in Anorganischer und Organischer Chemie	
Studienleistungen	Eingangskolloquien zu den Versuchen, erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, Abgabe und Korrektur der geforderten Protokolle	
Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint-Präsentation, Arbeitsblätter, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

### Vorlesung Bioanalytik

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erlangen im Rahmen der Vorlesung einen Überblick über die aktuell eingesetzten Analyseverfahren im Bereich der „Life Science“ und eignen sie sich die grundlegenden Kenntnisse über biochemische Prozesse und den Aufbau und die Funktionsweisen ausgewählter analytischer Methoden an. Sie kennen die Grundlagen der Proteinanalytik sowie der Sensorik bzw. Aktorik und erhalten ein Verständnis grundlegender praktischer Vorgehensweisen. Des Weiteren beherrschen sie die notwendigen Grundbegriffe der instrumentellen Analytik.

##### 2.) Methodenkompetenzen

Sie können sich anhand von Anwendungsbeispielen ein Verständnis für die Strukturaufklärung von Naturstoffen, z.B. von Kohlenhydraten, Lipiden, Aminosäuren und Nucleinsäuren, sowie die Einsatzmöglichkeiten von Analysensystemen, die zum Betrieb in Hinsicht auf die Kontrolle und Regelung eines Bioreaktors notwendig sind, verstehen. Sie sind zusätzlich in der Lage z.B. mit Hilfe der Durchflussszytometrie über auftretende Effekte, ausgelöst durch verschiedene Formen und



Strukturen der Zelle, ihre Eigenschaften abzuleiten.

### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studenten sind in der Lage den Einsatz und die Genauigkeit der Ergebnisse nach den jeweiligen Analysemethoden einzuteilen und abzuschätzen. Sie können sich ihrer erworbenen Kenntnisse bedienen, um Fragestellungen zu lösen und über die Auswirkungen von der Struktur und Eigenschaftendie zu erwartenden Ergebnisse voraussagen und interpretieren.

#### Inhalte

- Grundbegriffe der instrumentellen Analytik, Validierung, QS
- Zellaufschluß, Fraktionierung, Schnellverfahren
- Kohlenhydrat-, und Lipid-Analytik: DC, HPLC, GC, MS
- Aminosäuren-Analytik: HPLC, Fluoreszenz, enzymatische Naturstoffanalyse
- Einführung in Spurenanalytik: Spurenelemente, Wirkstoffe, Kontaminanten
- Nucleinsäure-Analytik: Isolierung, Trennung, Hybridisierung, PCR-Varianten, Sequenzierung, Microarray
- Grundlagen der Sensorik/Aktorik
- Analysenführung (z.B. Fließinjektionsanalyse, Autoanalyser)
- Gasanalytik
- Chemo- und Biosensoren
- Bestimmungsmethoden der Biomasse, Durchflusszytometrie
- Proteinanalytik: MALDI-MS, CE
- Umgang mit Hochleistungsgeräten, Interpretation und Auswertung von Messdaten
- Stofftrennverfahren: Extraktion, Destillation, Adsorption, Chromatographie
- Stoffnachweisverfahren: Spektrometrische Basisverfahren, DC
- Immobilisation von Enzymen
- Aufbau einer „Flow injectionanalysis“
- Aufbau einer „Sequentialinjectionanalysis“
- Aufbau eines Glucosesensors unter der Verwendung verschiedener Transducer
- Bestimmung unbekannter Glucosekonzentrationen
- 2-D-Fluoreszenzspektroskopie

#### Literatur

- [1] H. Naumer& W. Heller, Untersuchungsmethoden in der Chemie, Thieme, Stuttgart  
 [2] F. Lottspeich, H. Zorbas (Hrsg.): Bioanalytik; Spektrum Akademischer Verlag 1998  
 [3] Sensors,Band 1-3, Edited by Göpel et al., VCH-Wiley

### Praktikum Bioanalytik

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erwerben anhand praktischer Beispiele die Fähigkeit die in der Vorlesung vorgestellten experimentellen Messprinzipien anzuwenden und wesentliche Parameter zur Kontrolle und Regelung von Bioreaktoren zu beherrschen.

##### 2.) Methodenkompetenzen

Sie sind in Lage die in der Vorlesung erworbenen grundlegenden Techniken auf praxisbezogenen Aufgabenstellungen zu übertragen. Zur Identifikation von den in der Life Science relevanten Verbindungen könnensieselbstständig Analysenwege erarbeiten, sodass sie z.B. Proteingemischedurch die 2-D-Gelelektrophorese identifizieren und durch den Aufbau und Einsatz eines Biosensors die Glucosekonzentration im Fermentationsmedium messenkönnen.

### 3.) Handlungskompetenzen

Sie könnenProben eigenständig präparieren und ihre Messergebnisse auswerten und interpretieren. Die Versuche können sie in einem vorgegeben Zeitraum selbstständig durchführen, ihre Ergebnisse nach wissenschaftlichen Kriterien darstellen undmit Hilfe wissenschaftlicher Literatur begreifen und erklären.Der Umgang mit Hochleistungsgeräten sowie die Methoden zur Stofftrennung sind ihnen vertraut.

#### Inhalte

- Aufbau, Testung und Einsatz von Biosensoren
- Design, Herstellung und Anwendung eines DNA-Chips
- 2-D-Gelelektrophorese von komplexen Proteingemischen
- Fluoreszenzspektroskopie

#### Literatur

- [1] H. Naumer&t W. Heller, Untersuchungsmethoden in der Chemie, Thieme, Stuttgart  
 [2] F. Lottspeich, H. Zorbass (Hrsg.): Bioanalytik; Spektrum Akademischer Verlag 1998  
 [3] Sensors,Band 1-3, Edited by Göpel et al., VCH-Wiley

## Fortgeschrittene Materialanalytik

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Fortgeschrittene Materialanalytik	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Fortgeschrittene Materialanalytik (2 SWS) P Fortgeschrittene Materialanalytik (4 SWS)	
Semester	SS / 2. Semester	
Verantwortliche	Vogt	
Dozenten	Feldhoff, Renz, Imbihl, Vogt	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik M. Sc. Material- und Nanochemie	
Arbeitsaufwand	67.5 h Präsenzzeit 172.5 h Selbststudium	
Leistungspunkte	8 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in anorganischer, organischer und physikalischer Chemie, Grundkenntnisse in instrumentellen Analyseverfahren	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen	
Prüfungsleistung	Klausur (2 h) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Powerpoint-Präsentation, Skript zur Vorlesung, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

### Vorlesung Fortgeschrittene Materialanalytik

#### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden kennen verschiedene Methoden mit spezieller Eignung zur Charakterisierung von Festkörpern und Eigenschaften moderner Materialien. Die Festkörper können sowohl als Bulk-Materialien als auch als Nanoteilchen vorliegen, als auch Biomaterialien, mesoporöse Materialien, Supraleiter, Halbleiter, Katalysatoren oder Schichtmaterialien sein. Zusätzlich beherrschen die Studierenden die Grundlagen der Analytik mit beschleunigten Ionen, tiefer gehende Kenntnisse zu elektronenmikroskopischen Verfahren (STEM, HAADF, EELS, EFTEM und HRSEM), die Grundlagen der Mößbauerspektroskopie und die Grundlagen der Photoelektronenspektroskopie (XPS) und Auger-Elektronenspektroskopie (AES) zur Oberflächenanalytik. Entsprechend des Erlernens von speziellen röntgenanalytischen Verfahren an mikrostrukturierten Proben, eignen sich die Studenten auch die Anwendungsmöglichkeiten der anderen Verfahren anhand von Beispielen an.

## 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage analytische Messverfahren mit PIXE, RBS und SIMS an Beispielen der Halbleiteranalytik, an Biomineralen und anhand der Analyse von Kunstobjekten zu erläutern. Außerdem können sie die Leistungsfähigkeit und die Präzession der jeweiligen Verfahren hinsichtlich ihrer Ergebnisse bei der Untersuchung von Proben miteinander vergleichen und beurteilen.

## 3.) Handlungskompetenzen

Die Studenten sind in der Lage die Inhalte aus der Vorlesung schriftlich sowie verbal darzustellen und sich mit komplexen Fragestellungen über die Themengebiete des Moduls auseinanderzusetzen.

## Inhalte

- Grundlagen der Analytik mit beschleunigten Ionen
  - Erzeugung von fokussierten Ionenstrahlen
  - Wechselwirkung der Ionen mit Festkörpern und die sich daraus ergebenden spektroskopisch nutzbaren Signale aus der Probe
  - Methodische Schwerpunkte: Analytik mit PIXE, RBS und SIMS
- Spezielle röntgenanalytische Verfahren
  - Fokussierung von Röntgenstrahlung
  - Erhöhung der Empfindlichkeit der Messung durch neue technische Entwicklungen, u. a. der Synchrotronstrahlung
  - Prinzip der Totalreflexion
- Elektronenmikroskopische Verfahren
  - Rastertransmissionselektronenmikroskopie (STEM)
  - Z-Kontrast-Abbildung (HAADF)
  - Elektronenenergieverlustspektroskopie (EELS)
  - Energie-gefilterte Transmissionselektronenmikroskopie (EFTEM)
  - Konvergente Elektronenbeugung (CBED)
  - Hochauflösende Rasterelektronenmikroskopie (HRSEM) mit Sekundärelektronen
- Methodische Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten anhand materialanalytisch relevanter Beispiele der Mößbauerspektroskopie
- Grundlagen der Photoelektronenspektroskopie (XPS) und Auger-Elektronenspektroskopie (AES) zur Oberflächenanalytik
  - Demonstration der Leistungsfähigkeit anhand von Beispielen aus der Katalysatorforschung und Halbleitertechnologie

## Literatur:

- [1] J.I. Goldstein, Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis, 3. ed., Kluwer Acad./Plenum Publ., New York, 2003
- [2] L. Reimer, Scanning electron microscopy : physics of image formation and microanalysis, 2. ed., Springer, Berlin (1998)
- [3] D. Shindo, T. Oikawa, Analytical Electron Microscopy for Materials Science, Springer, 2002

- [4] Eds. K. Tsuji, J. Injuk, R. van Grieken, X-ray spectrometry: recent technological advances, Wiley, 2004  
 [5] D. Brune, R. Hellborg, H.J. Whitlow, O. Hunderi, Surface Characterization, Wiley-VCH, 1997  
 [6] H. Kuzmany: Festkörperspektroskopie, Springer Verlag, 1998

## Praktikum Fortgeschrittene Materialanalytik

### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden verfügen über praktische Kenntnisse zur Charakterisierung von unterschiedlichen Materialien mit ausgewählten analytischen Verfahren, darunter von Biomineralen, Katalysatoren, Schichtsystemen und Ausgrabungsobjekten.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten beherrschen methodische Konzepte zur Auswertung von Messergebnissen, die sie durch chemische Analyseverfahren erhalten haben.

#### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden können Untersuchungen zur Charakterisierung von unterschiedlichen Materialien durchführen und die erhaltenen Ergebnisse interpretieren.

### Inhalte

- Versuch zur Röntgenspektroskopie
  - $\mu$ -RFA an Schichtmaterialien
  - Bestimmung von Edelmetallen in Katalysatoren
  - Klassifizierung von Ausgrabungsobjekten im Gelände
- Versuch zur Transmissionselektronenmikroskopie
  - Abbildung, Beugung und Spektroskopie an nanostrukturierten Materialien
- Versuch zur Photoelektronenspektroskopie
- Versuch zur Mößbauerspektroskopie

### Literatur

s.o. – empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.

## Bodenanalytik

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Bodenanalytik (Eigenschaften chemisch belasteter Böden)	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Analytik chemisch belasteter Böden (1 SWS) P Analytik chemisch belasteter Böden (1 SWS)	
Semester	WS / 3. Semester	
Verantwortlicher	Guggenberger	
Dozenten	Guggenberger, Mikutta	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik	
Arbeitsaufwand	22.5 h Präsenzzeit 97.5 h Selbststudium	
Leistungspunkte	4 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Kenntnisse der theoretischen und praktischen Grundlagen der chemischen Analytik	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, Abgabe und Korrektur der geforderten Protokolle	
Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Powerpoint-Präsentation, Skript zur Vorlesung, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten (jeweils unter Stud.IP)	

### Vorlesung Probenahme und Analytik von Bodenproben

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden verfügen über Kenntnisse der Besonderheiten der bodenchemischen Analytik mit Schwerpunkt auf organischen und anorganischen Schadstoffen.

##### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten beherrschen methodische Konzepte zur Auswertung von den Messergebnissen, die sie durch chemische Analyseverfahren erhalten haben.

##### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage chemische Analyseverfahren zur Untersuchung von Bodenproben anzuwenden und durchzuführen sowie die erhaltenen Messergebnisse zu interpretieren. Dies schließt eine Diskussion der Messwerte in Bezug auf die geogene und anthropogene chemische

Belastung des untersuchten Bodens mit ein.

**Inhalte**

- Verständnis der Differenzierung geogener und anthropogener chemischer Belastung und deren Differenzierung in der bodenchemischen Analytik
- Vermittlung wichtiger Reaktionen von Schadstoffen im Boden
- Bodenchemische Analyseverfahren in der Praxis
- Auswertung und Interpretation von bodenchemischen Analyseverfahren

**Literatur**

[1] Bodenkundliches Fachwissen: Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Aufl., Spektrum Akad. Verlag Heidelberg, Berlin 2010  
 [2] Chemische Bodenuntersuchung: Schlichting/Blume/Stahr: Bodenkundliches Praktikum. 2. Aufl. Pareys Studentexte Nr. 81; Blackwell Berlin, Wien 1995

**Praktikum Probenahme und Analytik von Bodenproben**

**Qualifikationsziele**

**1.) Fachkompetenzen**

Die Studierenden verfügen über Kenntnisse der Besonderheiten der chemischen Analytik bei der Untersuchung der Matrix Boden.

**2.) Methodenkompetenzen**

Die Studenten beherrschen methodische Konzepte zur Auswertung von Messergebnissen, die sie durch chemische Analyseverfahren erhalten haben.

**3.) Handlungskompetenzen**

Die Studierenden können Untersuchungen zu Schadstoffen in Böden durchführen und die erhaltenen Ergebnisse in dieser komplexen Matrix interpretieren.

**Inhalte**

- Probenahme im Gelände
- Probenaufbereitung
- Analyse von organischen und/oder anorganischen Schadstoffen anhand von Fallbeispielen

**Literatur**

[1] Bodenkundliches Fachwissen: Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Aufl., Spektrum Akad. Verlag Heidelberg, Berlin 2010  
 [2] Chemische Bodenuntersuchung: Schlichting/Blume/Stahr: Bodenkundliches Praktikum. 2. Aufl. Pareys Studentexte Nr. 81; Blackwell Berlin, Wien 1995

## Naturstoff- und Lebensmittelanalytik

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Naturstoff- und Lebensmittelanalytik	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Naturstoff- und Lebensmittelanalytik (2 SWS) P Naturstoff- und Lebensmittelanalytik (4 SWS)	
Semester	WS / 3. Semester	
Verantwortlicher	Berger	
Dozenten	Berger, Krings	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M.Sc. Analytik B. Sc. Life Science	
Arbeitsaufwand	67.5 h Präsenzzeit 112.5 h Selbststudium	
Leistungspunkte	6 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Grundkenntnisse in Organischer Chemie und instrumentellen Analysenverfahren	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche und Übungen, Abgabe und Korrektur der geforderten Protokolle	
Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint- Präsentation, Skript, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten, Gerätesoftware	

### Vorlesung Naturstoff- und Lebensmittelanalytik

#### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden kennen die aktuellen analytischen Verfahren, die zur Isolierung, Trennung und Identifizierung von Naturstoffen aus biologischen Matrices eingesetzt werden. Dazu gehören die Zentrifugation, die Fettsäureanalytik, SFE/SFC, die Bausteinanalyse, die Verknüpfungsanalyse, die enzymatische Analyse, die DNA-Sequenzierung, die DNA-Methylierungsanalyse, die Mikro-HPLC, HPLC-GC, online-HPLC-NMR, MD-GC, die Multidetektion, die Isotopenanalytik, Verfahren der Selektivität, die Fließinjektionsanalyse, die chirosepezifische Analyse und die Counter Current Chromatography.



## 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten beherrschen verschiedene Methoden zur Charakterisierung von Naturstoffen.

## 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden können die erlernten Methoden bzw. Verfahren zur Isolierung, Trennung und Identifizierung von Naturstoffen verbal und schriftlich wiedergeben und deren Anwendungsbereiche anhand von Beispielen nennen.

## Inhalte

Stoffliche und methodische Schwerpunkte

- Zentrifugation
- Fettsäureanalytik von
  - Acylglycerolen, Wachsen, Cholesterol und Sterolester, Phospholipiden, Eicosanoiden und Sphingosinen
- SFE/SFC
- Bausteinanalyse und Verknüpfungsanalyse von
  - Mono-, Di-, Polysacchariden, und Glycoproteinen
- Enzymatische Analyse
- DNA-Endgruppenbestimmung, DNA-Sequenzierung und DNA-Methylierungsanalyse
- Mikro-HPLC, HPLC-GC, online-HPLC-NMR, MD-GC, Multidetektion
- Elektronische Nasen für flüchtige Naturstoffe
- Isotopenanalytik
  - Szintillation
  - Isotopenverdünnungsanalyse
  - SIRA und SNIF-NMR für stabile Isotope
- Verfahren der Selektivität
  - HPLC-FD, DAD, ECD, MS, HRGC-TID (N,P), ECD (Hal), FPD (S, P), CLND, GC-AED, (FT)-NIR, ELSD, Derivatisierung in GC und HPLC, Fließinjektionsanalyse
- Chirospezifische Analytik
  - Optische Rotationsdispersion
  - Circular Dichroismus
  - NMR
  - LC
  - GC
  - Elektrophorese
  - Diastereomere
  - Chirale Phasen und Auxiliare
- Counter Current Chromatography zur Untersuchung von
  - Vitaminen, organischen Säuren, Alkaloiden, Phenolcarbonsäuren, Flavanen

### Literatur

- [1] H. Naumer& W. Heller, Untersuchungsmethoden in der Chemie, Thieme, Stuttgart  
 [2] F. Lottspeich, H. Zorbas (Hrsg.): Bioanalytik; Spektrum Akademischer Verlag 1998  
 zahlreiche weitere Literaturhinweise im Vorlesungsskript

### Praktikum Naturstoff- und Lebensmittelanalytik

#### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden vertiefen im Rahmen des Praktikums ihre Kenntnisse über die in der Vorlesung vorgestellten Messprinzipien.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten sind in der Lage die erlernten Messprinzipien an praktischen Beispielen anzuwenden und können alternative Lösungswege für Probleme der Naturstoffanalytik aufzeigen.

#### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden können anhand von Injektions- und Detektionstechniken (GC, HPLC), Elektrophorese-Varianten und PCR-Verfahren Naturstoffe und Lebensmittel untersuchen, charakterisieren und die Messergebnisse diskutieren bzw. bewerten.

#### Inhalte

- Gaschromatographie
- Injektions- und Detektionstechniken
- van Deemter
- Retentionsindex
- Interner Standard
- Fettsäureverteilung
- Aromaanalytik
- Hochleistungsflüssigchromatographie
- Konservierungsstoffe
- Carotinoide
- Tocopherole
- Methylxanthine
- Elektrophorese-Varianten
- Tierartendifferenzierung
- Nachweis transgener Lebensmittel durch PCR-Verfahren

### Literatur

- [1] H. Naumer& W. Heller, Untersuchungsmethoden in der Chemie, Thieme, Stuttgart  
 [2] F. Lottspeich, H. Zorbas (Hrsg.): Bioanalytik, Spektrum Akademischer Verlag 1998

## Aktuelle Forschungsthemen der Analytik I

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Aktuelle Forschungsthemen der Analytik I	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	S Aktuelle Forschungsthemen (1 SWS) P Aktuelle Forschungsthemen (5 SWS) Ausgewählte Vorträge (1 SWS)	
Semester	SS / 2. Semester	
Verantwortliche	Vogt	
Dozenten	Scheper, Stahl, Walther, Behrens, Caro, Giese, Vogt, Feldhoff, Lacayo-Pineda	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik	
Arbeitsaufwand	79 h Präsenzzeit 131 h Selbststudium	
Leistungspunkte	7 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Grundkenntnisse in instrumenteller Analytik, Materialanalytik, Radiochemischer Analytik und Bioanalytik	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung des Forschungsprojektes, Abgabe und Korrektur des geforderten Protokolls	
Prüfungsleistung	Benotetes Protokoll	
Medienformen	Literatur zur Einarbeitung, allgemeine Lehrbücher, Skripte der relevanten Vorlesungen	

### Praktikum Aktuelle Forschungsthemen der Analytik I

#### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden kennen durch die jeweiligen Vorlesungen und Praktika verschiedene Messprinzipien und die Herangehensweise bei der Bearbeitung eines Projektes im Rahmen des in einem Arbeitskreis durchgeführten Forschungspraktikums. Außerdem wissen sie über die aktuellen Forschungsergebnisse aus dem Bereich der Analytik und verwandter Themenbereiche Bescheid, die in ausgewählten Vortragsveranstaltungen vorgestellt werden.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten beherrschen die umfassende Bearbeitung eines komplexen Analysenproblems, einschließlich der Probennahme, Probenpräparation und der Auswahl eines geeigneten Analyseverfahrens zur Untersuchung. Zudem besitzen sie die Fähigkeit, Vorträgen über aktuelle Forschungsergebnisse zu folgen, die Inhalte zu verstehen und die Themen in die aktuelle Forschungslandschaft einzuordnen.

### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage ein Projekt selbstständig zu bearbeiten, das ihnen auf den Gebieten der Grundlagen der Analytik, der Bodenanalytik, der Lebensmittel- und Naturstoffanalytik, der Materialanalytik, der Radioanalytik oder der Bioanalytik gestellt wird. Dies zeichnet sich durch ein komplexes Analysenproblem aus, das mit Hilfe einer Probenahme, einer Probenpräparation und der Durchführung verschiedener Analyseverfahren bearbeitet wird. Zudem können die Studierenden die gewonnenen Daten, eventuell integrierte synthetische Arbeitsschritte sowie potentielle Analysenfehler interpretieren.

#### Inhalte

- Bearbeitung einer umfangreicheren analytischen Aufgabenstellung im Rahmen eines Projektes auf den Gebieten der
  - Analytik
  - Materialanalytik
  - Radioanalytik oder
  - Bioanalytik
- Beschäftigung mit aktuellen Forschungsergebnissen aus dem Bereich der Analytik und verwandten Themenbereichen, die in ausgewählten Vortragsveranstaltungen vorgestellt werden

#### Literatur

- [1] Skripte und Literaturhinweise der jeweiligen Vorlesungen  
[2] empfohlene Literatur zur Einarbeitung in die Thematik.

## Aktuelle Forschungsthemen der Analytik II

Studiengang	Master-Studiengang Analytik	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Aktuelle Forschungsthemen der Analytik II	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	S Aktuelle Forschungsthemen (1 SWS) P Aktuelle Forschungsthemen (5 SWS) Ausgewählte Vorträge (1 SWS)	
Semester	WS / 3. Semester	
Verantwortliche	Vogt	
Dozenten	Berger, Guggenberger, Vogt, Scheper, Stahl, Walther, Behrens, Caro, Giese, Feldhoff, Lacayo- Pineda, N.N.	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik	
Arbeitsaufwand	79 h Präsenzzeit 131 h Selbststudium	
Leistungspunkte	7 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Grundkenntnisse in instrumenteller Analytik, Materialanalytik, Radiochemischer Analytik, Naturstoffanalytik, Bodenanalytik und Bioanalytik	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung des Forschungsprojektes, Abgabe und Korrektur des geforderten Protokolls	
Prüfungsleistung	Benotetes Protokoll	
Medienformen	Literatur zur Einarbeitung, allgemeine Lehrbücher, Skripte der relevanten Vorlesungen	

### Praktikum Aktuelle Forschungsthemen der Analytik II

#### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden kennen durch die jeweiligen Vorlesungen und Praktika verschiedene Messprinzipien und die Herangehensweise bei der Bearbeitung eines Projektes im Rahmen des in einem Arbeitskreis durchgeführten Forschungspraktikums. Außerdem wissen sie über die aktuellen Forschungsergebnisse aus dem Bereich der Analytik und verwandter Themenbereiche Bescheid, die in ausgewählten Vortragsveranstaltungen vorgestellt werden.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten beherrschen die umfassende Bearbeitung eines komplexen Analysenproblems, einschließlich der Probennahme, Probenpräparation und der Auswahl eines geeigneten Analyseverfahrens zur Untersuchung. Zudem besitzen sie die Fähigkeit, Vorträgen über aktuelle Forschungsergebnisse zu folgen, die Inhalte zu verstehen und die Themen in die aktuelle

Forschungslandschaft einzuordnen.

### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage ein Projekt selbstständig zu bearbeiten, das ihnen auf den Gebieten der Grundlagen der Analytik, der Bodenanalytik, der Lebensmittel- und Naturstoffanalytik, der Materialanalytik, der Radioanalytik oder der Bioanalytik gestellt wird. Dies zeichnet sich durch ein komplexes Analysenproblem aus, das mit Hilfe einer Probenahme, einer Probenpräparation und der Durchführung verschiedener Analyseverfahren ausgearbeitet wird. Zudem können die Studierenden die gewonnenen Daten sowie eventuell durchgeführte synthetische Arbeitsschritte interpretieren.

### Inhalte

- Bearbeitung einer umfangreicheren analytischen Aufgabenstellung im Rahmen eines Projektes auf den Gebieten der Grundlagen der
  - Analytik
  - Bodenanalytik
  - Lebensmittel- und Naturstoffanalytik
  - Materialanalytik
  - Radioanalytik oder
  - Bioanalytik
- Beschäftigung mit aktuellen Forschungsergebnissen aus dem Bereich der Analytik und verwandten Themenbereichen, die in ausgewählten Vortragsveranstaltungen vorgestellt werden

### Literatur

- [1] Skripte und Literaturhinweise der jeweiligen Vorlesungen  
[2] empfohlene Literatur zur Einarbeitung in die Thematik.

## Master–Arbeit

Studiengang	Master–Studiengang Analytik	Modul–Nr.
Modulbezeichnung	Master–Arbeit	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	Master–Arbeit	
Semester	SS / 4. Semester	
Verantwortliche	Am Studiengang beteiligte Dozenten	
Dozenten	Am Studiengang beteiligte Dozenten	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	Analytik (M. Sc.)	
Arbeitsaufwand	800 h Präsenzzeit 100 h Selbststudium	
Leistungspunkte	30 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Mindestens 75 LP und 3. Fachsemester	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse auf dem Gebiet der Analytik: Die Module MAVP-1, MAVP-3, MAVP-4 und MASP-1 sollen abgeschlossen sein.	
Studienleistung	Laborarbeit nach Vorgabe	
Prüfungsleistungen	Master–Arbeit und Vortrag über ihre Ergebnisse	
Medienformen	Laborarbeit, Präsentationstechniken	

### Master–Arbeit

#### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studenten vertiefen ihre Kenntnisse über Themen aus der Analytik, die von einem betreuenden Dozenten in Form einer komplexen Fragestellung vorgegeben werden.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage ein erweitertes Thema aus dem Bereich der Analytik unter Anleitung zu erarbeiten, eigenständig zu vertiefen und durch eigene Arbeiten in einem vorgegebenen Zeitrahmen weiterzuentwickeln. Dies bewältigen sie durch die Fähigkeit einen Projektplan für das inhaltlich begrenzte Gebiet zu erstellen und diesen umzusetzen.

Die erhaltenen eigenen wesentlichen Ergebnisse können in geeigneter Schriftform zusammenfassen, in einem Seminar vor Fachpublikum vorstellen und verteidigen. Zudem können die Studierenden das vorgegebene Thema in den wissenschaftlichen Kontext einordnen.

#### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studenten sind in der Lage das vorgegebene Thema in Bezug auf den wissenschaftlichen Kontext zu diskutieren und weitere Ausblicke für die Zukunft aufzuzeigen. Außerdem können sie bei der Erstellung der Master–Arbeit die notwendige Zeit abschätzen und insbesondere den Erfolg kontrollieren.

**Inhalte**

Themen aus dem Bereich der Analytik

**Literatur**

Weitere Literatur wird vom betreuenden Dozenten bekannt gegeben.



# Master-Studiengang Analytik – Wahlmodule

## Anorganische Materialchemie

Studiengang	Master-Studiengang Material- und Nanochemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Anorganische Materialchemie	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Anorganische Chemie von Materialien und Nanosystemen(3 SWS) Ü Anorganische Chemie von Materialien und Nanosystemen (1 SWS) V Festkörpersynthese und Materialpräparation (3 SWS) P Festkörpersynthese und Materialpräparation (3 SWS)	
Semester	WS / 1. Semester und SS / 2. Semester	
Verantwortlicher	Behrens	
Dozenten	Behrens, Schneider	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Material- und Nanochemie	
Arbeitsaufwand	112.5 h Präsenzzeit 247.5 h Selbststudium	
Leistungspunkte	12 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in anorganischer Chemie	
Studienleistungen	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter, erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen	
Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint-Präsentation, Übungsblätter, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

### Vorlesung und Übungen: Anorganische Chemie von Materialien und Nanosystemen

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studenten verfügen über das Wissen von Strukturen, Eigenschaften und Anwendungen von Materialien und Nanosystemen sowie die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen. Insbesondere stehen dabei anorganische Festkörper im Mittelpunkt sowie wichtige Materialien.

**2.) Methodenkompetenzen**

Die Studierenden sind in der Lage wichtige Grundoperationen der Strukturbeschreibung und -analyse einzusetzen.

**3.) Handlungskompetenzen**

Die Studenten können erkennen, dass sich die Eigenschaften ausgedehnter Systeme (Bulk-Materialien) stark von nanoskaligen Materialien unterscheiden können. Außerdem sind sie in der Lage selbstständig Beziehungen zwischen der Struktur und den Eigenschaften einer Verbindung zu erfassen.

**Inhalte**

- Herleitung des Bändermodells auf der Basis von chemischen Konzepten (LCAO-Ansatz zur Erzeugung von Kristallorbitalen)
- Herleitung von grundlegenden elektronischen und spektroskopischen Eigenschaften (elektrische Leitfähigkeit, Art der Bandlücke etc.) von Materialien
  - Erläuterung der Eigenschaften im Laufe der Vorlesung und der Übungen
- Erläuterung von Defektstrukturen verschiedener anorganischer Materialien und ihren Einfluss auf deren Chemie
- Struktur-Eigenschaftsbeziehungen unter Berücksichtigung der nanoskaligen Analoga wichtiger Arten anorganischer Festkörper wie
  - Metalle
  - kovalente Verbindungen
  - Halbleiter
  - ionische Verbindungen
  - intermetallische Verbindungen
  - Silicate
- Besprechung insbesondere der mechanischen, elektrischen, dielektrischen und magnetischen Eigenschaften

**Literatur**

[1] Smart & Moore: Einführung in die Festkörperchemie

[2] U. Müller: Anorganische Strukturchemie

[3] A.R. West: Grundlagen der Festkörperchemie.

Weitere empfehlenswerte Literatur wird in der Vorlesung vorgestellt.

**Vorlesung: Festkörpersynthese und Materialpräparation****Qualifikationsziele****1.) Fachkompetenzen**

Die Studierenden kennen verschiedene Syntheseverfahren für die Herstellung von anorganischen Festkörpern und für die Präparation anorganischer Materialien.

## 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten können die Vor- und Nachteile von verschiedenen Syntheseverfahren aufzeigen und beurteilen, welches für die gegebene Aufgabenstellung am geeignetsten ist.

## 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage entsprechend ihres entwickelten Gefühls für die Wahl der geeignetsten Methode anorganische Festkörper herzustellen und anorganische Materialien zu präparieren.

## Inhalte

### 1. Teil: Klassische Synthesemethoden

- Reaktionen im festen Zustand
  - fest-fest-Reaktionen
  - selbstfortschreitende Reaktionen
  - Mechanosynthese
  - druckinduzierte Umwandlungen
- Flüssig-fest-Reaktionen
  - Einkristallzuchtverfahren
  - Präzipitation
  - Kristallisation
  - Solvothermalsynthesen
  - Sol-Gel-Verfahren
  - Glasbildung und Glaskristallisation
- Gas-fest-Reaktionen
  - Transportreaktionen
  - Gasphasenabscheidung
  - Sputtering
  - Aerosol-Verfahren

### 2. Teil: Methoden mit erhöhter Kontrolle über den Reaktionsausgang

- Strukturdirigierende Synthesen
  - Precursor-Verfahren
  - Einsatz molekularer und aggregierter Strukturdirektoren
  - Biomineralisation
- Strukturlimitierte Synthesen
  - Ionenaustausch
  - Intercalation
  - Insertion

**Literatur**

- [1] Smart & Moore, Einführung in die Festkörperchemie  
[2] U. Schubert, N. Hüsing, Synthesis of Inorganic Materials, Wiley VCH, 2004.  
Weitere empfehlenswerte Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt

**Praktikum: Festkörpersynthese und Materialpräparation****Qualifikationsziele****1.) Fachkompetenzen**

Die Studenten kennen spezielle Verfahren zur Synthese und Präparation von Materialien und Nanomaterialien.

**2.) Methodenkompetenzen**

Die Studierenden sind in der Lage zu erkennen wie verschiedene Reaktionsparameter den Ausgang einer Reaktion beeinflussen können und wie das gewählte Verfahren die Morphologie (Nanoteilchen, Pulver, Einkristall) bestimmt.

**3.) Handlungskompetenzen**

Die Studenten können die erlernten speziellen Verfahren zur Synthese und Präparation von Materialien praktisch im Labor anwenden und durchführen. Außerdem sind sie in der Lage ihre Erkenntnisse bezüglich des Einflusses verschiedener Reaktionsparameter auf den Ausgang einer Reaktion oder des gewählten Verfahrens auf die Morphologie schriftlich und verbal darzustellen.

**Inhalte**

Die Versuche behandeln verschiedene Substanzklassen. Im Allgemeinen werden Reihenversuche unter Variation einer oder mehrerer Reaktionsparameter durchgeführt, um so den Einfluss unterschiedlicher Reaktionsführungen auf die Produkteigenschaften in systematischer Weise aufzuklären.

Dabei dienen die folgenden Syntheseverfahren als Beispiele:

- Reaktionen im festen Zustand
  - Diese finden ihre Anwendung beispielsweise zur Bildung von Mischoxiden, wobei die Durchführung unter Variation des Versuchsvorgehens (Mörsern und Mischen, Ko-Fällung von Precursoren) und der Reaktionstemperatur erfolgt. Anschließend werden die Produkte mit der Röntgen-Pulverbeugung untersucht.
- Hydrothermalsynthesen
  - Diese finden ihre Anwendung bei zeolithartigen Substanzen, wobei die Durchführung unter Variation des Versuchsvorgehens (Art und Konzentration der Edukte, unterschiedliche Mineralisatorsysteme, unterschiedliche Synthesysteme) erfolgt. Anschließend werden die Produkte mit der Rasterelektronenmikroskopie und der Röntgen-Pulverbeugung untersucht.
  - Zudem werden mesostrukturierte Materialien unter hydrothermalen Bedingungen hergestellt, wobei verschiedene Parameter wie Art und Konzentration der Edukte variiert werden und ihr Einfluss auf die Produktbildung mit Hilfe der Röntgen-

Pulverbeugung und von Sorptionsmessungen untersucht werden.

- In-situ-Untersuchungen zur Strukturbildung können durch Röntgenbeugung mit dem Theta-Theta-Diffraktometer erfolgen.
- Dip-coating
  - Das Dip-coating ist ein wichtiges Verfahren zur Herstellung dünner Filme. Anhand einfacher Modellsysteme werden die Einflüsse unterschiedlicher charakteristischer Parameter (Zusammensetzung der Eduktlösung, Luftfeuchtigkeit, Ziehgeschwindigkeit, Nachbehandlung) überprüft.

Der Einfluss von amphiphilen Molekülen und Polymeren auf die Kristallmorphologie wird anhand chemisch einfacher Beispiele (Calciumcarbonat, Bariumchromat) untersucht. Die Kristalle werden mittels Rasterelektronenmikroskopie und der Röntgen-Pulverbeugung untersucht.

#### Literatur

U. Schubert, N. Hüsing, Synthesis of Inorganic Materials, Wiley VCH, 2004.

Versuchsbeschreibungen und weiterführende Literaturstellen werden bei den einzelnen Versuchen angegeben.

## Physikalische Materialchemie

Studiengang	Master-Studiengang Material- und Nanochemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Physikalische Materialchemie	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V1 Physikalische Chemie von Festkörpern und Nanosystemen (3 SWS) Ü Physikalische Chemie von Festkörpern und Nanosystemen (1 SWS) V2 Funktionsprinzipien ausgewählter Festkörpermateriale (3 SWS) P Funktionsprinzipien ausgewählter Festkörpermateriale (3 SWS)	
Semester	WS / 1. Semester	
Verantwortlicher	Caro	
Dozenten	V1: Feldhoff, Heitjans V2: Bahnmann, Caro, Klüppel, Dorfs, Bigall	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Material- und Nanochemie	
Arbeitsaufwand	112.5 h Präsenzzeit 247.5 h Selbststudium	
Leistungspunkte	12 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in Physikalischer Chemie	
Studienleistungen	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter, erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen	
Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint-Präsentation, Übungsblätter, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

### Vorlesung 1 / Übungen: Physikalische Chemie von Festkörpern und Nanosystemen

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studenten verfügen über Wissen in dem Bereich der physikalischen bzw. physikalisch-chemischen Grundlagen zum Verständnis der besonderen Eigenschaften von Festkörper-Systemen als komplexes Funktionsmaterial. Dazu gehören das Bändermodell, die Thermodynamik realer Festkörper unter Berücksichtigung nanostrukturierter Systeme, die Elektrochemie mit Hinblick auf Elektroden und die Festkörperelektrochemie mit Festionenleitern als Elektrolytsysteme.

Die Studierenden kennen zudem die Grundlagen für die Anwendung nanostrukturierter Festkörper und für die Anordnungen von Nanoteilchen in Bauteilen.

## 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage jene Unterschiede zu erkennen, die auftreten, wenn die Abmessungen der Festkörper-Teilchen in den Bereich weniger Nanometer hinein absinken.

## 3.) Handlungskompetenzen

Die Studenten können das erlernte Wissen verbal und schriftlich darstellen, sowie es in Diskussionen beispielsweise über die Kinetik oder Dynamik in Festkörpern einbringen.

### Inhalte

- Gitteraufbau von Festkörpern
  - Bravais-Gitter
  - Symmetrien
  - Quasikristalle
- Strukturaufklärung mit Beugungsmethoden
  - mit Röntgenstrahlung, Elektronen, Neutronen
  - reziproker Raum
  - Beugungsbedingung (Laue, Bragg, Brillouin) Symmetrien
  - Atom(formfaktor) und Strukturfaktor
  - Brillouin-Zonen
  - Patterson-Funktion
- Dynamik von Atomen in Festkörpern und Nanosystemen
  - harmonische Näherung der Atomdynamik
  - Quantisierung der Gitterschwingungen
  - Phononendispersion
  - Einstein- und Debye-Modell für die Wärmekapazität
- Dynamik von Elektronen in Festkörpern und Nanosystemen
  - freies Elektronengas zum Verständnis der Glühemission
  - quasifreie Elektronen im Festkörper
  - Bändermodell für kristalline und amorphe Festkörper (Isolatoren, Halbleiter, Leiter)
  - p-n-Übergang
- Thermodynamik realer Festkörper
  - unter besonderer Berücksichtigung nanostrukturierter Systeme auf der Basis der Grenzflächenthermodynamik
  - als Basis zur Diskussion von Fragen der Kinetik und Dynamik in Festkörpern
- Spezielle Nanosysteme
  - anhand aktueller Beispiele der Fachliteratur (z.B. nanostrukturierte Thermoelektrika)

### Literatur

[1] Ch. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik

[2] H. Ibach, H. Lüth, Festkörperphysik [3] M.N. Rudden, J. Wilson, Elementare Festkörperphysik und Halbleiterelektronik  
Empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.



**Vorlesung 2: Funktionsprinzipien ausgewählter Festkörpermaterien****Qualifikationsziele****1.) Fachkompetenzen**

Die Studenten kennen die Funktionsprinzipien und die physikalisch-chemischen Eigenschaften von Festkörpermaterien mit großer aktueller Bedeutung in der Anwendung.

**2.) Methodenkompetenzen**

Die Studierenden können die aktuellen Optimierungsmöglichkeiten für ausgewählte Materialsysteme erkennen. Außerdem sind sie in der Lage den funktionsorientierten Aufbau komplexer Materialien zu verstehen.

**3.) Handlungskompetenzen**

Die Studenten können das erlernte Wissen verbal und schriftlich darstellen und zur Lösung vorliegender Aufgabenstellungen oder Problemstellungen anwenden. Zudem sind sie imstande aktuelle Themen aus dem Bereich der Funktionsprinzipien ausgewählter Festkörpermaterien zu diskutieren.

**Inhalte**

Behandlung einer Reihe von Materialien und Materialklassen

- im Vordergrund stehen die auftretenden Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
- basierend auf der gedanklichen Kette: vom Molekül zum Material zum Bauelement
- die folgenden Materialien werden exemplarisch betrachtet und nach der gedanklichen Kette dargestellt
  - Hartwerkstoffe
  - Metalle
  - magnetische Materialien
  - Katalysatoren
  - ein photokatalytisches System
  - Membranmaterialien
  - Systeme zur Sensorik
  - Materialien von Brennstoffzellen
  - Materialien von Solarzellen
  - Materialien von Batterien
  - Halbleiterbauelemente
  - photonische Materialien
  - Metallnanopartikel
  - Halbleiternanopartikel
- Im folgenden werden die einzelnen Themengebiete der verschiedenen Materialien genauer dargestellt:
  - Hartwerkstoffe

- Behandlung von Fragen der chemischen Stabilität und der Nanostruktur der Hartwerkstoffe in Abhängigkeit von der Geometrie als Kompaktmaterial oder Dünnschicht
- Es werden dabei die speziellen mechanischen Eigenschaften von nanostrukturierten Werkstoffen betrachtet.
- Metalle
  - Erklärung der elektrischen Eigenschaften, der Wärmeleitung und Deformierbarkeit bei gleichzeitig mechanischer Stabilität ausgehend vom Modell der metallischen Bindung
- Magnetische Materialien
  - Einführung in den Bereich von Festkörpern mit interessanten magnetischen Eigenschaften und ihren typischen Anwendungen sowie ihren Struktur-Eigenschaft-Korrelationen
  - Erklärung des Auftretens von Ferro-, Ferri- und Antiferromagnetismus makroskopischer Materialien sowie deren Charakterisierungsmethoden
  - Einführung in den Superparamagnetismus kolloidaler Materialien
- Katalysatoren
  - Herstellung und Stabilisierung nanoskaliger Oxid- und Metallpartikel auf üblichen Trägern wie Oxiden oder Kohlenstoff
  - Der Schwerpunkt liegt einerseits auf der Nanostruktur der Kontaktfläche zwischen Katalysator und Katalysator-Träger und andererseits auf dem hierarchischen Strukturaufbau.
- Photokatalytisches System
  - Behandlung des komplexen Zusammenwirkens von Superhydrophilie und Photo-Oxidation in Halbleiterkatalysatoren mit Nano-Design beim Schadstoffabbau in gasförmiger und flüssiger Phase
  - Behandlung von „smarten“ Nanomaterialien mit maßgeschneiderten Oberflächeneigenschaften für die Anwendung in der Photokatalyse
- Membranmaterialien
  - Poröse und dichte Materialien und ihre Strukturierung zu Membranen für die Gastrennung
  - Behandlung grundlegender Fragen über molekulare Materialien im Rahmen der Lehrinheit „Molekulare Elektronik“
  - Vorstellung ausgewählter Synthesen
  - Aufzeigung von Wegen der Selbstorganisation von Molekülen zu „molekularen Drähten“ und „Schaltern“
  - Diskussion von Aspekten der Kontaktierung und Vermessung
- Systeme zur Sensorik
  - Erläuterung moderner Systeme zur Gassensorik
  - Zentrale Aspekte sind die elektrochemischen Grundlagen der Nachweise bzw. der Ionenleitung und die Darstellung der notwendigen komplexen modularen Aufbauten

- Materialien von Brennstoffzellen
  - Erläuterung der Aufbau- und Wirkprinzipien der aktuell angewendeten Brennstoffzell-Systeme
  - Das Hauptaugenmerk liegt auf dem funktionellen Ineinandergreifen der verschiedenen Komponenten.
- Materialien von Solarzellen
  - Vorstellung und Vergleich der verschiedenen Aufbau- und Funktionsstrategien moderner photovoltaischer Zellen (Si-Solarzellen, Halbleiter-Dünnschichtzellen, Farbstoff-sensibilisierte Zellen und rein organische Solarzellen)
- Materialien von Batterien
  - Vorstellung moderner Batteriesysteme mit Schwerpunkt auf Li<sup>+</sup>-Ionen-Speicher
  - Der Schwerpunkt liegt auf den Struktur-Eigenschafts-Beziehungen.
- Halbleiterbauelemente
  - Erklärung des Aufbaus und der Wirkungsweise von Dioden und Feldeffekt-Transistoren
  - Im Mittelpunkt stehen die Elektrochemie von Halbleiter-Metall- und Halbleiter-Halbleiter-Kontakten.
- Photonische Materialien
  - Vorstellung der Prinzipien moderner optisch aktiver Werkstoffe für die Entwicklung von Mikro-Lasern, für die optische Datenspeicherung und für die optische Leiterbahntechnik
- Metallnanopartikel
  - Eine Einführung in wichtige Synthesemethoden kolloidaler Metallnanopartikel wird gegeben
  - Erklärung physikalischer Effekte wie der Ausbildung lokalisierter Oberflächenplasmonresonanzen
- Halbleiternanopartikel
  - Physikalische Eigenschaften von Halbleiternanopartikeln (Quantenpunkten): Bändermodell, effektive Masse von Ladungsträgern, Größenquantisierungseffekt
  - Schwerpunktbildung auf optischen Eigenschaften: Lichtabsorption, Fluoreszenz, Ladungsträger"trapping" etc.
  - Kurze Vorstellung moderner Syntheseverfahren: Form- und Zusammensetzungskontrolle von kolloidalen Halbleiterpartikeln

### Literatur

- [1] W. Göpel, C. Ziegler, Einführung in die Materialwissenschaften: Physikalisch-Chemische Grundlagen und Anwendungen, Teubner, 1996
- [2] C.N.R. Rao, A. Müller, A.K. Cheetham, The Chemistry of Nanomaterials, Wiley-VCH, 2004
- [3] R. Memming, D. Vanmaekelbergh, Semiconductor Electrochemistry, Wiley-VCH, 2001
- [4] M.N. Rudden, J. Wilson, Elementare Festkörperphysik und Halbleiterelektronik, Spektrum Verlag, 1995
- [5] J. Jahns, Photonik, Oldenbourg Verlag, 2001
- Empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.

## Praktikum: Funktionsprinzipien ausgewählter Festkörpermaterien

### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Durch die Versuche im Praktikum wird eine Vertiefung des Vorlesungsstoffes erreicht, sodass die Studenten unter anderem aufbauend auf der Vorlesung über das Wissen wichtiger Eigenschaften von Festkörpermaterien anhand von ausgewählten Beispielen im Praktikum verfügen.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage die chemische Synthese der Materialien mit der physikalisch-chemischen Bestimmung ihrer Eigenschaften zu kombinieren, um die vorliegenden Versuche zu bearbeiten.

#### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studenten können die Versuche mit Hilfe ihres erlernten Wissens korrekt durchführen sowie die Messergebnisse exakt darstellen. Außerdem sind sie in der Lage die erhaltenen Ergebnisse kritisch zu betrachten und zu diskutieren, um letztendlich ein Urteil für den jeweiligen Versuch zu erhalten.

### Inhalte

Verknüpfung von synthetischem Arbeiten mit der Probencharakterisierung und der Bestimmung wichtiger physikalisch-chemischer Parameter

Es werden Versuche mit den folgenden zentralen Themen behandelt:

- Mechanochemie
  - Behandlung einer äquimolaren Mischung aus  $\text{CaF}_2$  und  $\text{SrF}_2$  in einer Planetenkugelmühle
  - Interpretation des Röntgenpulverdiffraktogramms
  - Bestimmung der mittleren Kristallgröße nach der Scherrer-Gleichung
- Photokatalytischer Schadstoffabbau
  - Herstellung von  $\text{TiO}_2$ - und  $\text{TiO}_2/\text{CdS}$  Dünnschichtfilmen für den photokatalytischen Abbau eines organischen Farbstoffs (Methylenblau) als Testmolekül
  - Einbringung des CdS über elektrochemische Abscheidung in die porösen  $\text{TiO}_2$ -Filme (Tauchziehverfahren in Anwesenheit eines Porogens)
  - Abbau des gelösten Farbstoffs in Lösung erfolgt mittels UV-VIS-spektroskopischer Analyse
- Kolloidale Metallnanopartikel
  - Herstellung kolloidaler Gold-, Silbernanopartikel sowie Platinanopartikel verschiedener Größen
  - Extinktionsspektrometrische Charakterisierung der Nanopartikel
  - Diskussion der Größenabhängigkeit der energetischen Lage des lokalisierten

## Oberflächenplasmons

- Halbleiternanopartikel
  - Synthese von kolloidalen CdSe Nanokristallen (Quantenpunkten) im Größenbereich von 2 bis 6 nm.
  - Verfolgung des Partikelwachstums mittels UV/Vis-Absorptionsspektroskopie (Brus-Gleichung, Größenquantisierungseffekt)
  - Fluoreszenzspektroskopie an allen Proben
  - Charakterisierung des Endprodukts mittels Pulverröntgendiffraktometrie (Scherrer Gleichung) und mittels Transmissionselektronenmikroskopie.
- Protonen-leitende Membranen für Brennstoffzellen
  - Sulfonsäure-Funktionalisierung von mesoporösem Si-MCM-41 als Additiv zur protonenleitender Membran in Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen
  - Vergleich verschiedener Arten der Oberflächenfunktionalisierung in Bezug auf die erzielbare Ionenaustauschkapazität und die Messung der resultierenden Protonenleitung (impedanzspektroskopische Bestimmung)
- Mikrowellenheizen in der Synthese poröser Materialien
  - Synthese einer metallorganischen Gerüststruktur (MOF) des Typs ZIF-8 durch Mikrowellenheizen in Teflonautoklaven und anschließender Aufarbeitung des Produktes
- Charakterisierung eines kristallinen Pulvers durch Röntgenpulverdiffraktometrie und Elektronenmikroskopie
  - Vertiefte Analyse der im Rahmen des Versuches „Synthese des MOF ZIF-8“ hergestellten Produkte durch Röntgenpulverdiffraktometrie am Bruker D8 und am Jeol Rasterelektronenmikroskop (Bildaufnahme plus Elementanalytik durch EDXS)

**Literatur**

Die Versuchsbeschreibungen und weiterführenden Literaturstellen werden bei den einzelnen Versuchen angegeben.

## Katalyse

Studiengang	Master-Studiengang Material- und Nanochemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Wahlmodul Katalyse	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Katalyse (2 SWS) P Katalyse (4 SWS) S Katalyse (1 SWS)	
Semester	SS / 2. Semester oder WS / 3. Semester	
Verantwortlicher	Caro	
Dozenten	Bahnemann, Caro, Kirschning, Scheper	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Material- und Nanochemie M. Sc. Analytik M. Sc. Wirk- und Naturstoffchemie	
Arbeitsaufwand	79 h Präsenzzeit 161 h Selbststudium	
Leistungspunkte	8 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in anorganischer, organischer, physikalischer und technischer Chemie	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen, Seminarvortrag	
Prüfungsleistung	Klausur (2 h) oder mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint-Präsentation, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

### Vorlesung/Seminar

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden verfügen über das Wissen der aktuellen Methoden und Verfahren in der homogenen und heterogenen Katalyse und deren Anwendung in der chemischen Industrie.

##### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten sind in der Lage die Effektivität katalytischer Prozesse zu beurteilen und können Kriterien für eine Optimierung von Katalysatoren und Katalyseverfahren entwickeln. Zudem können sie auch neuartige Verfahren, beispielsweise in der homogenen, der Bio- oder der Photokatalyse beurteilen und die Bedeutung der Entwicklung von Nanostrukturen erkennen.

### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage das erlernte Wissen aus dieser Vorlesung verbal und schriftlich darzustellen. Außerdem können sie komplexe Geschwindigkeitsgesetze für Parallel- und Folgereaktionen und für vorgelagerte Gleichgewichte auf katalysierte Reaktionen anwenden.

#### Inhalte

- Feststoffanalyse
  - heterogene Katalyse
  - Photokatalyse
- molekulare Katalyse
  - homogene Katalyse
  - Biokatalyse
- Grundlegende Begriffe wie Umsatz, Selektivität und Ausbeute sowie TON
- Anwendung von komplexen Geschwindigkeitsgesetzen für Parallel- und Folgereaktionen und für vorgelagerte Gleichgewichte auf katalysierte Reaktionen
- Gruppen von katalysierten Reaktionen wie Oxidation, Hydrierung oder Isomerisierung
- moderne Anwendungen der homogenen Katalyse basierend auf Übergangsmetallen wie Gold und Ruthenium
- besondere mechanistische Aspekte der homogenen Katalyse
- moderne Entwicklungsrichtungen der Katalyse wie
  - kombinatorische Katalysatorforschung
  - molekulares Design enzymatischer anorganischer Katalysatoren
  - in situ-Techniken zur Diagnostik arbeitender Katalysatoren
  - Membran-unterstützte Katalyse
  - Heterogenisierung homogener Katalysatoren
  - Miniaturisierung katalytischer Systeme durch Baugruppen der Mikroreaktionstechnik
- umweltrelevante Katalyseverfahren wie
  - Autoabgasreinigung
  - Technische Abgaskatalyse
  - Reduktion von VOC
- Spezialfeld der Katalyse: Polymerisation
  - am Beispiel der Niederdruck-Ethen-Polymerisation im Gaswirbelschichtverfahren
- hohe Selektivität und Spezifik der Enzymkatalyse und Biotransformation anhand von exemplarischen Beispielen

- besondere Verdienste des NPT Ertl, der von 1968 bis 1972 an der Universität Hannover lehrte und forschte, um die katalytische CO-Oxidation und die Aufklärung des Mechanismus der NH<sub>3</sub>-Synthese

### Literatur

[1] I. Chorkendorff, J.W. Niemantsverdriet, Concepts of Modern Catalysis and Kinetics, Wiley-VCH, 2003

[2] G. Ertl, H. Knözinger, J. Weitkamp, Preparation of Solid Catalysts, Wiley-VCH, 1999.

Empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.

### Praktikum

#### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden kennen aufbauend auf der Vorlesung katalytische Verfahren aus unterschiedlichen Bereichen der Chemie. Dazu gehören die Feststoffkatalyse, die Photokatalyse, die molekulare Katalyse und die Biokatalyse.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten können Kriterien entwickeln, mit denen die wichtigsten Methoden zur Optimierung von Katalysatoren und katalytischen Prozessen beurteilt werden können. Außerdem können sie spezielle Katalysatoren im Hinblick auf Effektivität, Selektivität, aber auch auf ökologischer Hinsicht miteinander vergleichen und beurteilen.

#### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden können anhand der entwickelten Kriterien die wichtigsten Methoden zur Optimierung von Katalysatoren und katalytischen Prozessen beurteilen. Außerdem können sie die durchgeführten katalytischen Versuche detailliert in Hinblick auf die Ausbeute, Selektivität, Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz auswerten.

#### Inhalte

- Einsatz von Übergangsmetallkomplexen in der homogenen Katalyse
- Heterogene Katalyse
  - exemplarisch eine Oxidationskatalyse im Membranreaktor
  - Prinzipien des Stofftransportes durch perowskitische Sauerstoffleiter einschließlich der entsprechenden Reaktionstechnik
  - Messungen bei der katalytischen Partialoxidation von Kohlenwasserstoffen mit Sauerstoff, der über eine Permeation von den Membranen bereitgestellt wird
  - Analyse und Quantifizierung der erhaltenen Stoffgemische über die Gaschromatographie
- Biokatalyse
  - Isolierung von Enzymen
  - verschiedene Verfahren unter Einsatz von Enzymen
- Photokatalyse



- Betrieb einer photoelektrochemischen Wasserspaltung und eines photokatalytischen Schadstoffabbaus
- Aufbau einer geeigneten photoelektrochemischen Zelle bzw. einer geeigneten Photokatalyseapparatur
- Erzeugung von einzusetzenden Titandioxidelektroden bzw. Photokatalysatoren mittels Sol/ Gel-Beschichtung und deren Charakterisierung mit verschiedenen Techniken (UV-/Vis-Reflektionsspektroskopie, BET-Messung)
- Durchführung von photokatalytischen Reaktionen einschließlich einer quantitativen Produktanalyse

Für alle durchgeführten katalytischen Versuche erfolgt eine detaillierte Auswertung in Hinblick auf die Ausbeuten, Selektivitäten, Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz.

#### **Literatur**

Die Versuchsbeschreibungen und weiterführenden Literaturstellen werden bei den einzelnen Versuchen angegeben.

## Oberflächenchemie

Studiengang	Master-Studiengang Material- und Nanochemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Wahlmodul Oberflächenchemie	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Oberflächenchemie (2 SWS) Ü Oberflächenchemie (1 SWS)	
Semester	SS / 2. Semester oder WS / 3. Semester	
Verantwortlicher	Imbihl	
Dozent	Imbihl	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Material- und Nanochemie M. Sc. Analytik M. Sc. Wirk- und Naturstoffchemie	
Arbeitsaufwand	34 h Präsenzzeit 86 h Selbststudium	
Leistungspunkte	4 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in physikalischer Chemie	
Studienleistungen	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter	
Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint-Präsentation	

Vorlesung/Übungen
<p><b>Qualifikationsziele</b></p> <p><b>1.) Fachkompetenzen</b> Die Studierenden verfügen über das Wissen der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Festkörperoberflächen und Methoden zur Charakterisierung von Oberflächen.</p> <p><b>2.) Methodenkompetenzen</b> Die Studenten können die chemischen, strukturellen und elektronischen Eigenschaften von Festkörperoberflächen mit den entsprechenden abweichenden Eigenschaften des Volumens des jeweiligen Festkörpers vergleichen.</p> <p><b>3.) Handlungskompetenzen</b></p>

Die Studierenden können das erlernte Wissen verbal und schriftlich wiedergeben und Festkörperoberflächen anhand der erlernten Analysemethoden charakterisieren.

### Inhalte

- die besonderen chemischen, strukturellen und elektronischen Eigenschaften von Festkörperoberflächen im Vergleich zum Volumen des jeweiligen Festkörpers
- Verwendung der Festkörperoberflächen in der heterogenen Katalyse unter Nutzung ihrer besonderen Eigenschaften, die die Grundlage für die Adsorption sind
- Vorstellung zahlreicher Analysemethoden als Grundlage zur Charakterisierung von Oberflächen

### Literatur

- [1] K. Christmann, Introduction to surface physical chemistry, Steinkopff/Springer  
[2] I. Chorkendorff, J. W. Niemantsverdriet, Concepts of modern catalysis and kinetics, Wiley-VCH  
[3] G. Ertl, J. Küppers, Low energy electrons and surface chemistry, Wiley-VCH

## Biomaterialien und Biomineralisation

Studiengang	Master-Studiengang Material- und Nanochemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Wahlmodul Biomaterialien und Biomineralisation	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Biomaterialien und Biomineralisation (3 SWS) P Biomaterialien und Biomineralisation (4 SWS)	
Semester	WS / 3. Semester	
Verantwortlicher	Behrens	
Dozenten	Behrens, Kasper, Scheper, Vogt	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Material- und Nanochemie M. Sc. Analytik M. Sc. Wirk- und Naturstoffchemie M. Sc. Biochemie M. Sc. Life Science	
Arbeitsaufwand	79 h Präsenzzeit 161 h Selbststudium	
Leistungspunkte	8 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in anorganischer, organischer, physikalischer und/oder technischer Chemie, Biochemie, Life Sciences	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen	
Prüfungsleistung	Klausur (2 h) oder mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint-Präsentation, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

### Vorlesung Biomineralisation und Biomaterialien

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erwerben wesentliche Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen polymeren und anorganischen Materialien (Keramiken, Metalle) und lebender Materie (Zellen, Gewebe, Körper) sowie über die modernen Anwendungsgebiete der Biominerale und Biomaterialien im Bereich des Tissue und StemCellEngineering. Sie beherrschen die speziellen Analyseverfahren zur Charakterisierung von Festkörpern, welche auf den Kontakt mit biologischen Stoffen sowie auf den Kontakt mit Grenzflächen ausgerichtet sind. Sie kennen typische Klassen dauerhafter oder resorbierbarer Biomaterialien, wie die Polymere, die anorganischen Keramikwerkstoffe und Metalle

und sind mit den physikalischen, chemischen, biochemischen und biologischen Modifikationen von Biomaterialien vertraut. Sie erlangen zudem ein Verständnis für die gesundheitlichen Gefahren und Risiken, die von Nanoteilchen ausgehen können

## 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage die grundlegenden Prinzipien des strukturellen Aufbaus von Biomineralen und ihrer Prozesse widerzugeben, die zu den hierarchischen Strukturen führen, sowie Zusammenhänge zwischen dem Aufbau, der Struktur und ihrer Funktion herzustellen. Sie können die Voraussetzungen für den Einsatz von Materialien im biologischen Kontakt (Material-Zell-, Material-Gewebe-Interaktion) beschreiben und die Anwendungsgebiete für verschiedene Biomaterialien benennen. Sie verstehen die Wechselwirkungen zwischen den Biomaterialien und den bioorganischen Molekülen bzw. biologischen Strukturen bezüglich der Zellen, des Gewebes und des Körpers. Sie beherrschen die experimentellen Methoden der Mikroskopie im  $\mu\text{m}$ -Bereich mit Photonen und Ionen und können diese zur Untersuchung von Gewebeproben anwenden.

## 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage über die spezifischen Problemstellungen bei analytischen Untersuchungen an Biomineralen und Biomaterialien hinsichtlich der Probenpräparation, Analyse von Makromolekülen und der Analytik von Grenzflächen zu diskutieren und können Sachverhalte entsprechend wissenschaftlicher Gepflogenheiten schriftlich sowie verbal darstellen.

## Inhalte

### Biominerale

- hierarchische Struktur
- Charakter als bioorganische Kompositstruktur
- Strukturen an Grenzflächen
- Grundlegende Mechanismen der Biomineralisation
- ausgewählte Substanzklassen: Calciumcarbonat, Calciumphosphat, Eisenoxide, Siliciumdioxid
  - Struktur
  - Eigenschaften
  - Funktion

### Biomaterialien

- Anwendungsgebiete
- dauerhaft resorbierbare Biomaterialien (Polymere, anorganische Keramikstoffe, Metalle)
- Grenzflächenverhalten zwischen Biomaterial und bioorganischen Molekülen bzw. biologischen Strukturen (Zellen, Gewebe, Körper)
- physikalische, chemische, biochemische und biologische Modifikationen
- Einsatz für Tissue und StemCell Engineering
- gesundheitliche Gefahren von Festkörpern und Nanoteilchen im Körperkontakt
- spezifische Problemstellungen analytischer Verfahren an Biomineralen und -materialien
  - Probenpräparation
  - Analyse von Makromolekülen
  - Analytik von Grenzflächen

- Spezielle analytische Methoden: Mikroskopie im  $\mu\text{m}$ -Bereich mit Photonen (Raman, IR, UV, Röntgen) und Ionen
- Analytik von Gewebeproben und gezielte Bestimmung der mineralischen Bestandteile und Spurenelemente

### Literatur

[1] M. Epple: Biomaterialien und Biomineralisation, Teubner, 2003, [2] S. Mann: Biomineralization, Oxford 2001, [3] B. Ratner u.a.: Biomaterials Science

## Praktikum Biomineralisation und Biomaterialien

### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erwerben praktische Verfahrensweisen zur Präparation von Biomineralen durch Festkörper enthaltende biologische Proben und beherrschen die Analysemethoden zur Charakterisierung von Festkörpern im Kontakt mit biologischen Stoffen und mit Grenzflächen. Sie erwerben zudem grundlegende praktische Kenntnisse im Bereich von Zellkulturtechniken.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden können eigenständig analytische Untersuchungen der Präparate durchführen und diese auf bestimmte Bestandteile und Spurenelemente überprüfen. Sie sind in der Lage selbstständig Biomaterialien herzustellen und diese, wie die Biominerale, geeigneten Testverfahren zu unterziehen.

#### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden können Biomaterialien selber herstellen und unter verschiedenen Gesichtspunkten testen. Sie können ihre Versuchsergebnisse auswerten und unter Einbeziehung wissenschaftlicher Literatur ihre Ergebnisse begreifen und erklären sowie schriftlich und verbal in prägnanter Form definieren. Sie nutzen Gegebenheiten zur Diskussion mit anderen Studierenden und Assistenten. Sie führen die Versuche in dem vorgegebenem Zeitrahmen sorgfältig, sicher und gefahrlos unter Beachtung der Arbeitsschutzvorschriften durch und zeigen Verantwortungsbewusstsein im Umgang mit Chemikalien, organischen und biologischen Materialien und Laborgeräten.

### Inhalte

- Aufarbeitung und Charakterisierung von Reisspelzen, Eierschalen, Zähnen oder Knochen
  - Erprobung verschiedener Präparationsverfahren
    - Entfernung organischer Komponenten durch enzymatischen oder chemisch-oxidativen Abbau
    - Entfernung anorganischer Komponenten durch Ausnutzung selektiver Löslichkeiten)
    - Charakterisierung der Proben durch verschiedene Methoden (Thermoanalyse, Mikroskopie, Elektronenmikroskopie, IR-Spektroskopie, Röntgenkleinwinkel-streuung, elementanalytische Verfahren)
- Untersuchungen zum Einbau von Enzymen in anorganische Matrices (z.B. Kieselgel)
- Durchführung von Aktivitätstests

- Kristallisation von Calciumcarbonat in Gegenwart von Biomolekülen
- Untersuchung der Auswirkung auf die Kristallmorphologie
- Synthese von Chitosan-Apatit-Kompositen (Bsp. für Komposit-Biomaterial)
- Charakterisierung mittels Röntgen-Pulverbeugung und Rasterelektronenmikroskopie
- Untersuchung der Reaktion in Simulated Body Fluid
- Methoden der mechanischen Testung
- orts aufgelöste Analytik von biologischen Proben
- Zellkulturtechniken

#### Literatur

Versuchsbeschreibungen und weiterführende Literaturstellen werden bei den Versuchen angegeben.

## Röntgenmethoden

Studiengang	Master-Studiengang Material- und Nanochemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Wahlmodul Röntgenmethoden	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Röntgenmethoden und Kristallstrukturanalytik (2 SWS) Ü Röntgenmethoden und Kristallstrukturanalytik (1 SWS) P Röntgenmethoden und Kristallstrukturanalytik (4 SWS)	
Semester	3. Semester (WS, zweijährig)	
Verantwortlicher	Behrens	
Dozenten	Behrens (Chemie), Buhl (Mineralogie), Wiebcke (Chemie)	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Material- und Nanochemie M. Sc. Analytik M. Sc. Wirk- und Naturstoffchemie	
Arbeitsaufwand	79 h Präsenzzeit 161 h Selbststudium	
Leistungspunkte	8 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in anorganischer und physikalischer Chemie	
Studienleistungen	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter, erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen	
Prüfungsleistungen	Klausur (2 h) oder mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint-Präsentation, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

### Vorlesung/Übungen Röntgenmethoden

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erwerben weitgehende Kenntnisse in der Kristallstrukturanalyse einkristalliner und polykristalliner Proben anorganischer Materialien sowie weitere Röntgenverfahren zur strukturbezogenen Analytik von nicht-kristallinen Feststoffen an Gläsern, Solen, Gelen und



Nanomaterialien. Sie erlangen diesbezüglich einen Überblick über die Struktur verschiedener Festkörper und kennen die möglichen Beugungserscheinungen von Strahlen an Atomen bzw. Molekülen, Partikeln und Gasen sowie an diversen amorphen Materialien.

## 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden verstehen die Methoden zur analytischen Bestimmung des atomaren Aufbaus von Kristallen und amorphen Materialien hinsichtlich der räumlichen Anordnung der Atome durch Röntgen-, Elektronen-, Synchrotron- und teils Neutronenstrahlung. Sie können über die Einkristallstrukturanalyse Informationen zur Elementarzelle erhalten und jeweils die Raumgruppen herleiten. Sie sind in der Lage über die Beugung und Interferenzen von Röntgenstrahlen an Elektronen die Struktur und Symmetrie von Kristallen mit Hilfe mathematischer Formalismen zu bestimmen. Sie kennen die Verfahren zur Analyse von pulverförmigen Materialien, wie das Debye-Scherrer-, Bragg-Brentano und das Guinier-Verfahren zur Identifizierung von Substanzen und Substanzgemischen in Proben. Sie sind in der Lage Reflexe zu indizieren, Gitterkonstanten zu bestimmen und Zusammenhänge zwischen der Form von Streukurven und Partikelgröße, -größenverteilung und -form sowie der Struktur von Partikelaggregaten (Oberflächen- und Massenfraktale) zu erkennen und benennen. Des Weiteren kennen sie das Grundprinzip der Neutronenbeugung und können deren Vor- und Nachteile beschreiben.

## 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage die Strukturparameter und Gütekriterien kritisch zu betrachten und sich an problemorientierten Diskussionen zu beteiligen. Sie können die verschiedenen Messmethoden nach den Anwendungsmöglichkeiten und Genauigkeiten hinsichtlich der Ergebnisse beurteilen und Auswirkungen von Strukturen auf die Messergebnisse voraussagen und begründen.

## Inhalte

- Einführung in grundlegende Organisationsformen von Materialien (Kristalle, modulierte Strukturen, Quasikristalle, Zwillinge, nicht-periodisch strukturierte Materialien und Komposite, periodische nanostrukturierte Materialien)
- vertiefende Wiederholung der kristallografischen Symmetriellehre (Ebenen- und Raumgruppen)
- Physik der Streuung/Beugung von Röntgenstrahlen an: Atom, Molekül/Elementarzelle, Gitter, Gas, Partikel, Glas (Fourier-Transformation, Bragg-Gleichung, Debye-Gleichung)
- kurze Einblick in die Neutronenstreuung
- moderne Röntgenstrahlungsquellen (z.B. Synchrotronquellen) und Detektorsysteme (z.B. Bildplatte)
- Einkristallmethoden
  - Ewald-Konstruktion
  - Buerger-Verfahren
  - Vierkreisdiffraktometer
- Einkristallstrukturanalyse
  - Bestimmung von Raumgruppen
  - Strukturlösung mittels direkter Verfahren und der Patterson-Funktion in Form der Schweratommethode
  - Fourier-Synthese und Verfeinerung zur Vervollständigung eines Strukturmodells
- Röntgenpulvermethoden (beinhaltet entsprechende Verfahren unter Nutzung von

Neutronenstrahlen und insbesondere unterschiedliche, sich ergänzende Informationen über Röntgen- und Neutronenverfahren)

- Debye-Scherrer-, Bragg-Brentano- und Guinier-Verfahren
  - Profilkfunktionen, Peakentfaltung
  - Strukturverfeinerung mit Rietveld-Methode
  - Möglichkeiten und Methoden der Strukturlösung mit Reziprokraum- und Direktraummethode
  - Totalstreuverfahren (Hochenergiestreuverfahren am Synchrotron) mit der Gewinnung von Abstandsverteilungsfunktionen zur Strukturanalytik von Gläsern und Nanomaterialien
  - Röntgenkleinwinkelstreuverfahren zur Analytik von Solen und Gelen
  - Guinier-Näherung
  - Porod-Gesetz
  - Gewinnung von Paar-Abstandsverteilungskurven zur Partikelformanalyse
  - Form- und Strukturfaktor
  - Methode des streifenden Einfalls (GISAXS) zur Untersuchung von dünnen Filmen
- Röntgenabsorptionsspektroskopie (XAS)
    - EXAFS und XANES zur Erhaltung elementspezifischer Informationen zur lokalen Struktur (Atomabstände, Oxidationsstufen)

#### Literatur

[1] R. Allmann, „Röntgenpulverdiffraktometrie“, Springer, Berlin, 2003; [2] W. Massa, „Kristallstrukturbestimmung“, Teubner Studienbücher Chemie, Stuttgart, 2002; [3] R.E. Dinnebier & S.J.L. Billinge (Ed.) „Powder Diffraction, Theory and Practice“. Weitere Literatur in Form von Übersichtsartikeln wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

#### Praktikum Röntgenmethoden

##### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Standardverfahren der Kristallstrukturanalyse. Sie erlangen einen Einblick in die Probenpräparation und Durchführung der Messmethoden und erwerben Konzepte zur Lösung strukturanalytischer Problemstellungen.

##### 2.) Methodenkompetenzen

Sie können mittels der Einkristallstrukturanalyse und der Röntgenpulvermethode kristalline und pulverförmige Proben untersuchen und ausgewählte Verfahren zur Analyse anwenden. Sie trainieren den „Umgang mit dem reziproken Raum“ und die Bestimmung von Gitterkonstanten, systematischen Auslöschungen sowie von Raumgruppen durch die Anfertigung von Aufnahmen eines Einkristalls und einer Pulverprobe.

##### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage die erhaltenen Strukturparameter und Gütekriterien kritisch zu betrachten und ihre Ergebnisse fachgerecht darzustellen. Die Auswertungen können sie am CIP-Pool der Chemieinstitute durchführen und die bestimmte Kristallstruktur mit Hilfe von Visualisierungsprogrammen interpretieren. Die Versuche führen sie sicher, gefahrlos und sorgfältig

unter Einhaltung der Arbeitsschutzvorschriften in einem vorgegebenen Zeitraum durch.

### Inhalte

Während des Praktikums sollen folgende Aufgaben ausgeführt werden

- Aufnahmen vororientierter Kristalle an Buerger-Kameras
  - Intensitätsmessungen mit einem Einkristall (Vierkreisdiffraktometer)
  - Intensitätsmessungen mit einer Pulverprobe (Pulverdiffraktometer mit Debye-Scherrer-Geometrie, Kapillartechnik)
- wahlweise vollständige Kristallstrukturanalyse mit dem Pulver- oder Einkristalldatensatzunter Anwendung moderner Computerprogramme

### Literatur

Anleitungen für die experimentellen Arbeiten an den Röntgengeräten und die Kristallstrukturrechnungen an den Computern werden vor dem Praktikum ausgegeben.

## Polymere Materialien

Studiengang	Master-Studiengang Material- und Nanochemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Wahlmodul Polymere Materialien	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Synthese organischer Polymere und Polymerkomposite (2 SWS) V Polymeranalytik (2 SWS) P Polymere Materialien (2 SWS)	
Semester	SS oder WS / 2. oder 3. Semester	
Verantwortlicher	Giese	
Dozenten	Giese	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Material- und Nanochemie M. Sc. Analytik M. Sc. Wirk- und Naturstoffchemie	
Arbeitsaufwand	67.5 h Präsenzzeit 172.5 h Selbststudium	
Leistungspunkte	8 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen	Fortgeschrittene Kenntnisse in anorganischer, organischer, physikalischer und technischer Chemie	
Studienleistungen	Erfolgreiche Durchführung aller vorgegebenen Versuche, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen	
Prüfungsleistung	Klausur (2 h) oder mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Tafelanschrieb, Overheadfolien, Powerpoint- Präsentation, Versuchsanleitungen zu den Laborexperimenten	

### Vorlesung Synthese von Polymeren und Polymerkompositen

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erwerben Möglichkeiten der Synthese und die physikalisch-chemischen Eigenschaften ausgewählter organischer Polymere in Abhängigkeit der Konstitution, Konformation und Konfiguration sowie von Kompositmaterialien. Diesbezüglich kennen sie die wichtigsten Polymerisationsarten, zu denen mitunter die radikalische und ionische Polymerisation sowie die Polykondensation und -addition gehören. Sie beherrschen die technisch relevanten Polymerisationsverfahren zur Herstellung von Polymeren und Polymerkompositen sowie die Verfahren zur gezielten Modifikation bzw. Variation von Werkstoffeigenschaften.

## 2.) Methodenkompetenzen

Sie sind in der Lage Zusammenhänge zwischen der Struktur und den mechanischen Eigenschaften sowie den Eigenschaften im festen Zustand hinsichtlich ihres Schmelz- und Kristallisationsverhaltens der Polymere und Polymerkomposite an Beispielen von Kunststoffen, Kautschukverbindungen und Elastomeren zu erkennen und zu beschreiben. In Abhängigkeit ihrer Eigenschaften können sie die Effizienz der geeigneten Syntheseverfahren einschätzen.

## 3.) Handlungskompetenzen

Die Studenten sind in der Lage Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften, der Struktur und deren Funktionalitäten zu erkennen und Sachverhalte schriftlich sowie verbal darzustellen.

## Inhalte

Die Vorlesung Synthese von Polymeren und Polymerkompositen beinhaltet

- Synthese von Polymeren durch Anwendung radikalischer und ionischer Mechanismen in Verbindung mit Polymerisationsverfahren wie z. B. Emulsionspolymerisation, Lösungspolymerisation sowie "Polymerisation in Masse"
- Herstellen von Polymerkompositen (Kautschukmischungen, Elastomere)
- Vertiefung der physikalischen Chemie und Physik von Polymeren
- Struktur - Eigenschaftsbeziehungen von Polymeren und Polymerkompositen im festen Zustand (Glasübergang, Kristallisation und Schmelzen) als auch die mechanischen Eigenschaften (Viskoelastizität, Gummielastizität etc.)
- Typische Beispiele für Polymere und Polymerkomposite: Kunststoffe, Kautschuke und Elastomere

## Literatur

Hans Georg Elias, Makromoleküle Hüthig&Wepf Verlag, M. D. Lechner , K. Gehrke, E. H. Nordmeier, Birkhäuser Berlin 1993,

Empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.

## Vorlesung Polymeranalytik

### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erwerben verschiedene Methoden zur chemischen, physikalischen und rheologischen Charakterisierung von organischen Polymeren und Polymerkompositen. Sie erlangen ein Verständnis für besondere Fragestellungen der Polymeranalytik im Vergleich zur niedermolekularen Stoffanalytik. Sie kennen die besonderen Eigenschaften von Polymeren als Festkörper und in Lösung und beherrschen die grundlegenden physikalischen Grundbegriffe der Polymerchemie.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Sie sind in der Lage die Eigenschaften, wie die Molmasse, die Molmassenverteilung und die Monomierzusammensetzung über z.B. Pyrolyse-GC-MS zu bestimmen und dazu die Blocklängen,

die Substitutionsmuster sowie die Verzweigungs- und Vernetzungsgrade u.a. durch Gleichgewichtsquellungsmessungen und NMR-Relaxationszeitspektroskopie zu ermitteln. Sie können thermische Eigenschaften und die Kettenbeweglichkeit von Kautschuken und Elastomeren bestimmen und mittels Thermoanalyse Polymere als Festkörper charakterisieren.

### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage Sachverhalte schriftlich sowie verbal darzustellen und unterschiedliche Analysemethoden zu beurteilen.

### Inhalte

In der Vorlesung „Polymeranalytik“ werden folgende Inhalte behandelt

- analytische Probleme und Untersuchungsmethoden für Polymere
- grundlegenden Definitionen und Begriffe der physikalischen Polymerchemie
- Analytik von Makromolekülen in der Lösung anhand von
  - Methoden zur Bestimmung von Molmassen und Molmassenverteilungen (vertiefte Behandlung von Osmose, Lichtstreuung, Gelpermeationschromatographie, Viskosimetrie)
  - weiteren modernen Methoden, wie z.B. die dynamische Lichtstreuung und die Massenspektroskopie von Makromolekülen
- Methoden der Polymercharakterisierung als Festkörper durch Thermoanalyse (TGA, DSC etc.)
- klassische und moderne Methoden zur Charakterisierung der Kettenbeweglichkeit und des Vernetzungsgrades von Elastomeren (z. B. durch Gleichgewichtsquellungsmessungen und NMR-Relaxationszeitspektroskopie)
- Ermittlung der Polymerzusammensetzung (z. B. Pyrolyse-GC-MS, spezielle Methoden der IR Spektroskopie)

### Literatur

Hans Georg Elias, Makromoleküle Hüthig&Wepf Verlag, , M. D. Lechner , K. Gehrke, E. H. Nordmeier, Birkhäuser Berlin 1993, W. F. Hemminger, H. K. Cammenga: Methoden der thermischen Analyse, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1989, Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Bd. 5, Analysen und Messverfahren, Verlag Chemie Weinheim,  
Empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.

### Praktikum Polymere Materialien

#### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erlangen im Rahmen des Praktikums zur Synthese von Polymeren und Kompositen sowie zur Polymeranalytik den Umgang mit den entsprechend in der Forschung eingesetzten Geräten und experimentellen Techniken in Verbindung mit spezifischen Fragestellungen. Sie beherrschen die Methoden zur Charakterisierung der Eigenschaften und erhalten einen Einblick in aktuelle Forschungsthemen der Polymerchemie.

## 2.) Methodenkompetenzen

Die Studenten sind in der Lage durch Emulsions- und Lösungspolymerisation sowie Vulkanisation ausgewählter Polymere sowie eine Kautschukmischung und einen Elastomer zu synthetisieren und modifizieren. Sie kennen die Anforderungen an die verschiedenen Syntheseverfahren und können im Zusammenhang mit den möglichen Anwendungsgebieten der herzustellenden polymeren Materialien deren Effizienz beurteilen. Sie können thermische Eigenschaften, wie das Schmelzverhalten und die Glasübergangstemperatur mittels DSC bestimmen und sich darüber thermodynamische Daten erschließen. Ferner sind sie in der Lage die Zusammensetzung polymerer Materialien über analytische Messanordnungen zu bestimmen.

## 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage mit den Laborgeräten und Chemikalien ordnungsgemäß umzugehen und Praktikumsexperimente unter den Arbeitsschutzvorschriften sicher und sorgfältig durchzuführen. Sie arbeiten selbstständig, können Versuchsanordnungen eigenständig planen und die Zeit effizient nutzen. Sie können ihre Ergebnisse kritisch bewerten, Sachverhalte wissenschaftlich darlegen und problemorientierte Diskussionen führen.

## Inhalte

Vorgesehen sind folgende Versuche

- Synthese von ausgewählten Polymeren (z. B. Polystyrol, Polyacrylate) durch Emulsions- und Lösungspolymerisation
- Herstellung einer Kautschukmischung und eines Elastomeren unter Anwendung der Schwefelvulkanisation
- Bestimmung des Molekulargewichts durch Messungen des osmotischen Drucks (Osmometrie), des Viskositätsmittels (Viskosimetrie) und der mittleren Molmasse ( $M_w$ ) sowie des Molmassenzahlenmittels ( $M_n$ ) durch Gelpermeationschromatographie (GPC)
- Charakterisierung der thermischen Eigenschaften von Polymeren mittels Differential Scanning Kalorimetrie (DSC)
- Schmelzpunkt- und Glasübergangstemperaturbestimmung verschiedener Polymere
- Einfluss der thermischen Vorgeschichte auf die Schmelzpunkte und -enthalpien einschließlich Bestimmung der Größe der Kristallite in den Polymerproben
- Charakterisierung der Kettenbeweglichkeit von Polymeren/Elastomeren mittels Relaxationszeit-NMR
- Ermittlung der Polymerzusammensetzung mittels Pyrolyse-GC-MS bzw. IR-Spektroskopie

## Literatur

Empfehlenswerte weitere (aktuelle) Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung vorgestellt.

## Fortgeschrittene Naturstoffanalytik

Studiengang	Masterstudiengang Wirk- und Naturstoffchemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Wahlmodul Fortgeschrittene Naturstoffanalytik	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Fortgeschrittene Naturstoffanalytik (1 SWS) Ü Fortgeschrittene Naturstoffanalytik (2 SWS) P Fortgeschrittene Naturstoffanalytik (4 SWS)	
Semester	SS oder WS / 2. oder 3. Semester	
Verantwortlicher	Dräger	
Dozenten	Dräger, Fohrer, Carlomagno, Krings	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Wirk- und Naturstoffchemie	
Arbeitsaufwand	79 h Präsenzzeit 161 h Selbststudium	
Leistungspunkte	8 LP	
Voraussetzungen	Bachelor (B. Sc.) in Chemie; Grundkenntnisse in Analytischer Chemie	
Zulassungsvoraussetzungen	Abgeschlossenes Modul „Wirk- und Naturstoffanalytik“	
Studienleistungen	Praktikumsversuche	
Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (30 min)	
Medienform	Skript, Tafelanschrieb, Overheadfolien, Power-Point Präsentation zum Skript	

Vorlesung Fortgeschrittene Naturstoffanalytik
<p><b>Qualifikationsziele</b></p> <p><b>1.) Fachkompetenzen</b> Die Studierenden erwerben weiterführende Kenntnisse und ein tieferes Verständnis im Bereich der NMR-Spektroskopie und Massenspektrometrie zur Strukturbestimmung bestimmter Naturstoffklassen sowie Konzepte zur Strukturaufklärung von Biomakromolekülen in Abhängigkeit ihrer Eigenschaften.</p> <p><b>2.) Methodenkompetenzen</b> Mit Hilfe analytischer Methoden können sie die durch die Wechselwirkungen von Atomen bzw. Molekülen verursachte chemische Verschiebung funktioneller Gruppen im Falle der NMR und durch die Ionisation des zu untersuchenden Analyten im Falle der Massenspektrometrie Schlussfolgerungen auf die Struktur und den Aufbau von organischen Verbindungen ziehen.</p>



Zusätzlich zu den herkömmlichen NMR-Methoden können sie durch 2D und 3D Verfahren komplexere Strukturen sowie Biomakromoleküle, wie die DNA, identifizieren.

### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage unterschiedliche Messmethoden theoretisch zu erfassen und sie problemorientiert einzusetzen. Sie können die Inhalte der Vorlesung sachgemäß wiedergeben, Literaturrecherchen zur genaueren Erschließung der Inhalte nutzen sowie gemeinsame Diskussionen führen.

#### Inhalte

- moderne Methoden der Massenspektrometrie
- Ionisierungsmethoden
- Analysatoren
- Kopplung mit chromatographischen Systemen
- Tandem Massenspektrometrie
- Analyse von Biomolekülen
- moderne Methoden in der NMR-Spektroskopie
- 2D-Verfahren
- 3D-Spektroskopie
- Transfer-NOE, Invers-Techniken
- LC-NMR
- Konzepte zur Strukturaufklärung von Biomakromolekülen (Proteine, DNA, RNA, Oligosaccharide)

#### Literatur

- [1] E. de Hoffmann, V. Stroobant, Mass Spektrometry – Principles and Applications, 2. Aufl., Wiley-VCH, ISBN 0-471-48566-7
- [2] J.R. Chapman, Practical Organic Mass Spectrometry – A Guide for Chemical and Biochemical Analysis, 2. Aufl., Wiley-VCH, ISBN 0-471-95831-X; Friebolin, Ein- und zweidimensionale NMR-Spektroskopie
- [3] Duddeck, Dietrich, Tóth, Structure Elucidation by Modern NMR; aktuelle Primärliteratur aus internationalen Journalen

#### Übung Fortgeschrittene Naturstoffanalytik

##### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erlernen die wesentlichen Techniken der Strukturaufklärung und die Anwendung gekoppelter analytischer Methoden zur Untersuchung von Element- und Spurenstoffen.

##### 2.) Methodenkompetenzen

Sie beherrschen die experimentellen Methoden der (Bio-)NMR-Spektroskopie, der Massenspektrometrie, der gekoppelten chromatographischen Systeme und der Inverstechniken und können sie neben ihren erworbenen Kenntnissen zur Lösung von Aufgaben einsetzen sowie die besprochenen Methoden an anspruchsvollen Molekülen anwenden.

### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage aus den Übungsaufgaben die für die Lösung des Problems essentiellen Angaben herauszuarbeiten, zu strukturieren und Schlussfolgerungen abzuleiten sowie durch die Übungsaufgaben Techniken der Strukturaufklärung zu vertiefen und zu verfestigen. Dazu werden unterschiedliche Messungen ausgewertet und beurteilt.

#### Inhalte

- moderne Methoden der Massenspektrometrie
- Ionisierungsmethoden
- Analysatoren
- Kopplung mit chromatographischen Systemen
- Tandem Massenspektrometrie
- Analyse von Biomolekülen
- moderne Methoden in der NMR-Spektroskopie
- 2D-Verfahren
- 3D-Spektroskopie Transfer-NOE, Invers-Techniken
- LC-NMR
- Konzepte zur Strukturaufklärung von Biomakromolekülen (Proteine, DNA, RNA, Oligosaccharide)

#### Literatur

- [1] E. de Hoffmann, V. Stroobant, Mass Spektrometry – Principles and Applications, 2. Aufl., Wiley-VCH, ISBN 0-471-48566-7
- [2] J.R. Chapman, Practical Organic Mass Spectrometry – A Guide for Chemical and Biochemical Analysis, 2. Aufl., Wiley-VCH, ISBN 0-471-95831-X; Friebohn, Ein- und zweidimensionale NMR-Spektroskopie
- [3] Duddeck, Dietrich, Tóth, Structure Elucidation by Modern NMR  
aktuelle Primärliteratur aus internationalen Journalen

### Praktikum Fortgeschrittene Naturstoffanalytik

#### Qualifikationsziele

##### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erlernen durch das Praktikum eigenständig Herangehensweisen an die Lösung von strukturanalytischen Aufgabenstellungen zu entwickeln, ihr Fachwissen aus allen Bereichen der Chemie zu verknüpfen und an aktuelle Forschungsanalysemethoden in der Industrie anzubinden.

##### 2.) Methodenkompetenzen

Die Studierenden können zur Bestimmung der Struktur und damit zur Identifizierung von bestimmten Naturstoffklassen sich umfassend mit den experimentellen Methoden der Naturstoffanalytik in Hinsicht auf die NMR-Spektroskopie und die spektrometrischen und chromatographischen Methoden auseinandersetzen und bei der Bearbeitung von Aufgaben ihr Methodenspektrum erweitern.

##### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden können spezielle analytische Fragestellungen mit spektroskopischen

Methoden bearbeiten und Messungen an den Geräten durchführen. Sie sind in der Lage die im Praktikum vorgegeben Problemstellungen zu bearbeiten und mit wissenschaftlichen Mitarbeitern darüber zu kommunizieren sowie zur Realisierung der gestellten Aufgaben Möglichkeiten der Literaturrecherche nutzen.

**Inhalte**

Die Studierenden bearbeiten komplexe analytische Fragestellungen (Naturstoffe, Naturstoffanaloga, Peptide etc.) an Massen- und NMR-Spektrometer.

## Pharmakologie und Toxikologie

Studiengang	Masterstudiengang Wirk- und Naturstoffchemie	Modul-Nr.
Modulbezeichnung	Wahlmodul Pharmakologie und Toxikologie	
Art der Lehrveranstaltung / SWS	V Pharmakologie und Toxikologie (4 SWS) P Pharmakologie und Toxikologie (6 SWS)	
Semester	SS / 2. Semester (V), WS / 3. Semester (P)	
Verantwortlicher	Kaefer	
Dozenten	Kaefer, Seifert, Genth, Gerhard	
Sprache	Deutsch	
Zuordnung zum Curriculum	M. Sc. Analytik M. Sc. Wirk- und Naturstoffchemie	
Arbeitsaufwand	112.5 h Präsenzzeit 187.5 h Selbststudium	
Leistungspunkte	10 LP	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine	
Empfohlene Voraussetzungen		
Studienleistungen	Anwesenheit, erfolgreiche Erstellung der Protokolle zu den Versuchen	
Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung (30 min) über die Themengebiete des Moduls	
Medienformen	Powerpoint-Präsentation, Overhead-Folien, Tafelanschrieb, Handouts zu den Vorlesungen, Versuchsanleitungen zu den Praktikumsversuchen, Laborexperimente	

Vorlesung Pharmakologie und Toxikologie
<p><b>Qualifikationsziele</b></p> <p><b>1.) Fachkompetenzen</b> Die Studierenden erhalten durch die Vorlesung vertiefende Einblicke in die Pharmakologie und Toxikologie und erlangen hierbei ein Verständnis für die Grundlagen der Arzneimittelwirkungen und der toxischen Wirkungen von Fremdstoffen im Organismus. Sie kennen die wichtigsten Grundzüge der Anatomie sowie notwendige Definitionen und Begriffe zur Klassifizierung von Gift- und Schadstoffen.</p> <p><b>2.) Methodenkompetenzen</b> Sie sind in der Lage Wirkungen und Verhalten von chemischen Verbindungen im Organismus als nützlich oder schädlich anzusehen und voneinander abzugrenzen. Sie können die Eigenschaften, die Wechselwirkungen zwischen (Schad-)Stoffen und Lebewesen, die Toxizität von Stoffen, wie z.B. von Metallen, Lösemitteln, Atemgiften, Kohlenwasserstoffverbindungen und Stickstoffverbindungen, sowie Vergiftungserscheinungen erkennen und voneinander ableiten. Basierend auf der</p>

Struktur der Giftstoffe können sie die Toxizität und die Gefährdung für Lebewesen einschätzen.

### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage sich kritisch mit den praktischen Verwendungen von Arzneimitteln auseinanderzusetzen und Folgen nach physiologischen und biologisch-chemischen Gesichtspunkten zu betrachten und beurteilen. Über die Wirkung und das Verhalten teratogener, cancerogener und mutagener Substanzen in Lebewesen kann die Bedeutung verschiedener Wirk- und Schadstoffe für den Menschen und seine Umgebung von ihnen eingeschätzt werden.

#### Inhalte

- Einführung in die Pharmakologie, Pharmakokinetik
- Pharmakologie des Stoffwechsels und der Hormone, des Zentralnervensystems, von Herz-Kreislauf, Niere, Infektion, Entzündung und Allergie, Genterapie
- Einführung in die Toxikologie
- Halogenierte Kohlenwasserstoffe, Metalle, Gase und Alkohole, Missbrauchsubstanzen
- Natürliche Gifte, Karzinogenese und Tumorthherapie, Regulatorische Toxikologie

#### Literatur

[1] Mutschler: Arzneimittelwirkungen, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart

[2] Aktories/Förstermann/Hofmann/Starke: Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie, Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag

## Praktikum Pharmakologie und Toxikologie

### Qualifikationsziele

#### 1.) Fachkompetenzen

Die Studierenden erlernen grundlegende pharmakologische und toxikologische Arbeitstechniken im Rahmen des Praktikums. Sie kennen die wesentlichen Stoffwechselprozesse, ausgewählte Enzyme und Inhibitoren mit ihren Eigenschaften und Funktionen sowie Untersuchungsmethoden zur Bestimmung zellzerstörender oder zellschädigender Eigenschaften von Pharmaka, und können so an klinische Studien herangeführt werden.

#### 2.) Methodenkompetenzen

Sie kennen die Prinzipien der Aufnahme, der Verteilung, des Metabolismus sowie der Ausscheidung von Fremdstoffen und die prinzipiellen Mechanismen toxischer Effekte. Anhand von Tierorgan-Modellen können sich die Studierenden ein besseres Bild über die Anatomie innerer Organe und Nervenbahnen schaffen und ihre erworbenen Kenntnisse zur Analyse von Naturstoffen in Bezug auf ihre Eigenschaften anwenden sowie in Abhängigkeit wichtiger Kenngrößen identifizieren.

#### 3.) Handlungskompetenzen

Die Studierenden vertiefen ihr Wissen durch Bearbeitung spezieller bzw. systemübergreifender Fragestellungen und sind in der Lage ihre Versuchsdaten auszuwerten. Mit Hilfe geeigneter Literaturrecherchen können sie Sachverhalte begreifen, erklären und sachgemäß verbal sowie schriftlich definieren.

### Inhalte

- Klinische Studien
- Metabolismus von Pharmaka
- Immunsuppression
- Zytokine, MAP-Kinase Inhibitoren, Bakterielle Toxine, C3-Exoenzyme
- Tierorgan-Modell
- Massenspektrometrie
- Zytotoxizitätsscreening von Pharmaka

### Literatur

[1] Mutschler: Arzneimittelwirkungen, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart

[2] Aktories/Förstermann/Hofmann/Starke: Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie, Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag