



**Modulhandbuch für den**

**Studiengang**

**Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle**  
**Produktgestaltung**

Stand: 01.03.2021



## Inhaltsverzeichnis

1	Konzept unserer verfahrenstechnischen Ausbildung .....	4
1.1.	Verfahrenstechnik als Ingenieurdisziplin .....	4
1.2.	Das Studienkonzept .....	4
2	Beschreibung der Ziele des Studienganges Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung .....	4
2.1.	Ziele der Ausbildung .....	4
2.2.	Ziele des Bachelorstudienganges Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung .....	5
2.3.	Ziele des Masterstudienganges Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung .....	6
3.	Bachelorstudiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung, Pflichtmodule .....	7
3.1.	Mathematik 1 für Ingenieure (Stg A) .....	7
3.2.	Mathematik 2 für Ingenieure (Stg A) .....	8
3.3.	Stochastik .....	9
3.4.	Simulationstechnik .....	10
3.5.	Physik .....	12
3.6.	Anorganische Chemie .....	14
3.7.	Organische Chemie .....	16
3.8.	Physikalische Chemie .....	18
3.9.	Konstruktionselemente I .....	20
3.10.	Werkstofftechnik .....	21
3.11.	Technische Thermodynamik / Wärmelehre .....	23
3.12.	Strömungsmechanik .....	25
3.13.	Messtechnik .....	27
3.14.	Chemische Prozesskunde .....	28
3.15.	Reaktionstechnik .....	30
3.16.	Partikeltechnologie .....	32
3.17.	Produktgestaltung .....	34
3.18.	Anorganische Molekülchemie .....	35
3.19.	Moderne organische Synthesemethoden .....	36
3.20.	Physikalische Chemie II: Aufbau der Materie .....	37
3.21.	Produktcharakterisierung / Moderne Analysemethoden .....	39
3.22.	Umweltchemie .....	40
3.23.	Bioverfahrenstechnik .....	43
3.24.	Praktikum Grundoperationen .....	46
3.25.	Technische Chemie .....	47
3.26.	Nichttechnische Fächer .....	48
3.27.	Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag .....	49
3.28.	Bachelorarbeit .....	51
4.	Bachelorstudiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung, Wahlpflichtmodule .....	52
4.1.	Allgemeine Elektrotechnik 1 .....	52
4.2.	Allgemeine Elektrotechnik 2 .....	53
4.3.	Analysis and Design of Experiments .....	54
4.4.	Apparatetechnik .....	55
4.5.	Biochemie .....	57
4.6.	Chemische Prozesse und Anlagen .....	58
4.7.	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung .....	59
4.8.	Konstruktionselemente II und Apparatetelemente als Blockveranstaltung .....	61
4.9.	Methoden und Kompetenzseminar Chemie .....	62
4.10.	Präparationsprinzipien poröser Materialien .....	64
4.11.	Prinzipien der Wirkstoffforschung .....	66
4.12.	Prozessdynamik I .....	69
4.13.	Regelungstechnik .....	71



5. Masterstudiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung, Pflichtmodule .....	73
5.1. Chemisches Vertiefungspraktikum .....	73
5.2. Produktfunktionalisierung: Metallorganik und homogene Katalyse.....	75
5.3. Produktfunktionalisierung: Wirkstoffe für die Pharmaindustrie.....	77
5.4. Produktfunktionalisierung: Moderne Materialien .....	79
5.5. Produktcharakterisierung: Struktur-Eigenschafts-Beziehungen.....	80
5.6. Nichttechnische Fächer .....	82
5.7. Masterarbeit.....	83
6. Masterstudiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung, Wahlpflichtfächer .....	84
6.1. Adsorption und heterogene Katalyse .....	84
6.2. Bioinorganic Chemistry.....	86
6.3. Bioseparationen.....	87
6.4. Cell Culture Engineering.....	88
6.5. Chemie der f-Elemente: Lanthanoide und Actinoide.....	90
6.6. Chemie der Signaltransduktion .....	91
6.7. Chemische Prozesskunde.....	92
6.8. Computational Fluid Dynamics.....	94
6.9. Digital Engineering of Process Engineering Applications .....	96
6.10. Dispersion of Hazardous Materials.....	98
6.11. Dynamik komplexer Strömungen .....	99
6.12. Erzeugung von Nanopartikeln .....	100
6.13. Heterocyclen als Basis von Wirkstoffen: Synthesestrategien und Synthesen .....	102
6.14. Integrierte innovative Reaktorkonzepte.....	104
6.15. Mechanische Trennprozesse .....	106
6.16. Methoden- und Kompetenzseminar Chemie .....	108
6.17. Mikrobielle Biochemie.....	110
6.18. Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen .....	112
6.19. Modern organic synthesis.....	114
6.20. Molecular Modelling/Computational Biology and Chemistry .....	115
6.21. Molekulares Modellieren.....	116
6.22. Numerical simulation in explosion protection .....	117
6.23. Numerische Strömungsmechanik.....	118
6.24. Numerische Werkzeuge für technisch-chemische Problemstellungen .....	120
6.25. OMICS-Technologien .....	122
6.26. Praktikum Neue Materialien / Metallorganik II.....	124
6.27. Praktikum Wirkstoffe.....	126
6.28. Präparationsprinzipien poröser Materialien .....	127
6.29. Prinzipien der Wirkstoffforschung.....	129
6.30. Projektseminar Nachhaltigkeit.....	132
6.31. Prozessdynamik I .....	133
6.32. Prozessoptimierung.....	134
6.33. Prozess- und Anlagensicherheit.....	136
6.34. Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen .....	137
6.35. Strukturaufklärung – Blockseminar .....	139
6.36. Sustainability Assessment (LCA) for Biofuels .....	141
6.37. Technische Kristallisation .....	143
6.38. Technology and Innovation Management in the Biotech Industry .....	145
6.39. Totalsynthese von Naturstoffen.....	147
6.40. Toxikologie und Gefahrstoffe.....	148
6.41. Trocknungstechnik .....	149
6.42. Wirbelschichttechnik.....	151



# 1 Konzept unserer verfahrenstechnischen Ausbildung

## 1.1. Verfahrenstechnik als Ingenieurdisziplin

Verfahrenstechnik erforscht, entwickelt und verwirklicht

- energetisch effiziente,
- ökologisch verträgliche und damit
- wirtschaftlich erfolgreiche

industrielle Stoffwandlungsverfahren, die mit Hilfe von physikalischen, biologischen oder chemischen Einwirkungen aus Rohstoffen wertvolle Produkte erzeugt. So werden aus Feinchemikalien Arzneimittel, aus Erdöl Funktionswerkstoffe, aus Gestein Baustoffe und Gläser, aus Erzen Metalle, aus Abfall Wertstoffe oder Energie, aus Sand Siliziumchips oder Glas und aus landwirtschaftlichen Rohstoffen Lebensmittel, um nur einige Beispiele zu nennen. Die Verfahrenstechnik ist allgegenwärtig, wenn auch nicht immer ganz explizit und auf den ersten Blick erkennbar – und für Wirtschaft und Gesellschaft unverzichtbar. Vor allem dann unverzichtbar, wenn letztere den Wunsch nach Wohlstand mit der Forderung nach Effizienz, Nachhaltigkeit und einen schonenden Umgang mit Menschen und Umwelt verbindet.

## 1.2. Das Studienkonzept

Der Studiengang „Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung“ ist Bestandteil eines ganzheitlichen Magdeburger Konzepts verfahrenstechnischer Studiengänge. Dieser Studiengang hier in Magdeburg zeichnet sich durch die komplexe inhaltliche, multiskalige und interdisziplinäre Verknüpfung aller Teilbereiche der Ingenieursausbildung aus und fokussiert auf das Molekül und dessen Struktur als kleinste Baugruppe stoffwandelnder Prozesse. Basis dieses chemieorientierten Ingenieurstudienganges ist die Vermittlung eines soliden Grundlagenwissens und detaillierten Verständnisses der physikalischen, chemischen und biochemischen Grundvorgänge. Darauf aufbauend werden auch in diesem Studiengang alle ein Verfahren (System) ausmachenden Elemente (Prozesse, Teilprozesse, Mikroprozesse, elementaren Grundvorgänge) und deren Zusammenwirken in einer ganzheitlichen Analyse betrachtet. Das Konzept ist darauf ausgerichtet, dass die vertieften Synthese- und Analytikkenntnisse der Studierenden dieses Studienganges kombiniert mit den methodischen Konzepten der Verfahrenstechniker im Diskurs zur Problemlösung herangezogen werden können.

# 2 Beschreibung der Ziele des Studienganges Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

## 2.1. Ziele der Ausbildung

Dieser moderne Studiengang ist an der Schnittstelle zwischen Chemie und Ingenieurwissenschaften angesiedelt. Dabei spielt die Entwicklung neuer Materialien, wie z. B. Nanostrukturen und die Auffindung und Systeme neuer Wirkstoffe für die pharmazeutische Industrie eine große Rolle. Weiterhin ist die Erforschung neuer Katalysatoren für z. B. eine saubere Umwelt genauso von Bedeutung wie das souveräne Umgehen mit der mathematischen Auslegung eines Reaktors für die großtechnische Realisierung der zuvor auf



molekularer Ebene erforschten Prozesse. Auch Disziplinen wie Bioverfahrenstechnik oder moderne analytische Methoden sind Teil des Studiums.

Das Studium bietet Einblick in das experimentelle Arbeiten im Labor. Praktika in der Industrie ermöglichen erste Erfahrungen bei der Arbeit mit großtechnischen Produktionsanlagen. Damit ergibt sich die Möglichkeit, in beiden Gebieten Kompetenzen zu erlangen und berufliche Perspektiven zu erweitern.

#### **Mögliche Berufs- und Einsatzfelder:**

Chemische und pharmazeutische Industrie, Futter-, Nahrungs- und Genussmitteltechnik, Werkstofftechnik, Apparate-, Maschinen- und Anlagenbau u.a.m.

#### **Voraussetzungen für das Studium**

Solide Schulkenntnisse in Naturwissenschaften und Mathematik sowie ein technisches Grundverständnis; Interesse und Spaß an naturwissenschaftlich-technischen Fragestellungen und an der Umsetzung naturwissenschaftlicher Grundlagen in die Praxis.

Der Studiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung ist konsekutiv aufgebaut, d. h. nach dem berufsqualifizierenden Bachelorabschluss wird ein fortführendes Masterstudium angeboten.

### **2.2. Ziele des Bachelorstudienganges Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung**

Der Studiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung ist modular aufgebaut. In der Regelstudienzeit von 7 Semestern sind 210 Creditpoints zu erwerben.

Im Bachelorstudiengang werden die Grundlagen in den wesentlichen naturwissenschaftlichen sowie ingenieurwissenschaftlichen und technischen Fächern über einen vergleichsweise hohen Anteil an Pflichtveranstaltungen vermittelt. Erste Möglichkeiten der Spezialisierung bietet ein Block von Wahlpflichtmodulen. Engagierte Professoren und Dozenten, ein gutes Betreuungsverhältnis, Praktika in modernen Laboren und enge Kontakte zur Industrie bieten dabei optimale Voraussetzungen für ein erfolgreiches Studium.

Die Absolventen erwerben einen ersten berufsqualifizierenden Abschluss und sind befähigt, etablierte Methoden aus Chemie und Verfahrenstechnik zur Problemlösung anzuwenden. Der Ingenieurstudiengang liefert den Studenten die notwendigen Grundlagen und Fähigkeiten, um im Masterstudiengang einen zweiten berufs- und forschungsqualifizierenden Abschluss mit dem akademischen Grad „Master of Science“ zu erlangen.

<b>Bachelor ( 7 Semester)</b>			
<b>Naturwissenschaftliche Grundlagen</b>	<b>Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen</b>	<b>Ingenieurtechnische Fächer</b>	<b>Fachpraktika</b>
Mathematik	Konstruktion	Spezialpraktika in der Chemie	
Physik	Werkstoffe	Moderne Syntheseprozesse	<b>Industriepraktikum</b>
Anorganische und Organische Chemie	Strömungen	Analysemethoden	
Physikalische Chemie	Thermodynamik	Wahlpflichtbereich	<b>Bachelorarbeit</b>
Technische Chemie	Partikeltechnologie		
	Produktgestaltung		



	Reaktionstechnik		
--	------------------	--	--

### 2.3. Ziele des Masterstudienganges Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

Neben Pflichtmodulen aus den Bereichen der Produktfunktionalisierung und Produktcharakterisierung stellen sich die Studenten aus einem breiten und interessanten Wahlpflichtangebot eigenverantwortlich ihre Module zusammen. Außerdem bearbeiten sie in der Masterarbeit selbstständig ein anspruchsvolles wissenschaftliches Forschungsprojekt. Dabei erwerben sie in der Regelstudienzeit von 3 Semestern 90 Creditpoints.

Den Studenten des Masterstudiengangs werden umfangreiche Kompetenzen zur Kombination von grundlagenorientierten Fragestellungen, insbesondere aus den Bereichen Chemie, mit verfahrenstechnischen Problemen vermittelt. Die Absolventen können Produkte, Prozesse und Verfahren eigenverantwortlich entwickeln und gestalten. Damit treten sie in die bewährte Tradition des weltweit hoch angesehenen Diplomingenieurs und sind weiterhin international gefragte Experten.

Mit diesem zweiten berufs- und forschungsqualifizierenden Abschluss stehen den Absolventen vielfältige kreative Tätigkeitsfelder in führenden Industrieunternehmen und innovativen Forschungseinrichtungen offen.

<b>Master (3 Semester)</b>	
<b>Vertiefung</b>	
Metallorganik und Wirkstoffforschung	
Katalyse und Produktcharakterisierung	
	<b>Masterarbeit</b>
<b>Technische und nichttechnische Wahlpflichtfächer</b>	



### 3. Bachelorstudiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung, Pflichtmodule

#### 3.1. Mathematik 1 für Ingenieure (Stg A)

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und trukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Mathematik 1 für Ingenieure (Stg A)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Grundlegende mathematische Fähigkeiten zur Modellierung und Lösung ingenieurtechnischer Problemstellungen: Die Studierenden erlangen auf Verständnis beruhende Vertrautheit mit den für die fachwissenschaftlichen Module relevanten mathematischen Konzepten und Methoden und erwerben unter Verwendung fachspezifischer Beispiele die technischen Fähigkeiten im Umgang mit diesen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mathematische Grundbegriffe</li><li>• Grundlagen der linearen Algebra</li><li>• Anwendungen der linearen Algebra</li><li>• Grundlagen der eindimensionalen Analysis</li><li>• Anwendungen der eindimensionalen Analysis</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, selbstständige Arbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 156 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 8 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. V. Kaibel, FMA Der jeweils verantwortliche Hochschullehrer ist dem aktuell gültigen Vorlesungsverzeichnis zu entnehmen.
<b>Weitere Dozenten:</b> Prof. M. Simon, Prof. Th. Richter



### 3.2. Mathematik 2 für Ingenieure (Stg A)

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Mathematik 2 für Ingenieure (Stg A)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Grundlegende mathematische Fähigkeiten zur Modellierung und Lösung ingenieurtechnischer Problemstellungen: Die Studierenden erlangen auf Verständnis beruhende Vertrautheit mit den für die fachwissenschaftlichen Module relevanten mathematischen Konzepten und Methoden und erwerben unter Verwendung fachspezifischer Beispiele die technischen Fähigkeiten im Umgang mit diesen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Anwendungen der eindimensionalen Analysis</li><li>• Fortgeschrittene Anwendungen der linearen Algebra</li><li>• Grundlagen der mehrdimensionalen Analysis</li><li>• Anwendungen der mehrdimensionalen Analysis</li><li>• Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik</li><li>• Numerische Aspekte</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, selbstständige Arbeit Teil 2a im SoSe, Teil 2 b im WiSe
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I für Ingenieure (Stg A)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 126 Stunden, Selbststudium: 204 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 180 / 11 CP (Teil 2a: 7 CP, Teil 2b: 4 CP)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. V. Kaibel, FMA Der jeweils verantwortliche Hochschullehrer ist dem aktuell gültigen Vorlesungsverzeichnis zu entnehmen.
<b>Weitere Dozenten:</b> Prof. M. Simon, Prof. Th. Richter





### 3.3. Stochastik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Stochastik für Ingenieure
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b>  Die Studierenden beherrschen die für die fachwissenschaftlichen Module relevanten Konzepte und Methoden aus der Stochastik. Sie erkennen zufallsbedingte Vorgänge und verstehen, diese mit stochastischen Methoden auszuwerten und entsprechende fundierte Entscheidungen zu treffen. Die Studierenden entwickeln Fähigkeiten zur Modellierung und Bewertung von Zufallsexperimenten und beherrschen grundlegende Regeln bei der statistischen Auswertung von Daten.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modellierung von Zufallsexperimenten</li><li>• Zufallsvariablen und ihre Kenngrößen</li><li>• Zufallsvektoren und Funktionen von Zufallsvariablen</li><li>• Unabhängigkeit von und Korrelation zwischen Zufallsvariablen</li><li>• Gesetze der Großen Zahlen und Zentraler Grenzwertsatz</li><li>• Statistische Grundkonzepte (Schätzer, Konfidenzintervalle, Tests von Hypothesen)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, selbstständige Arbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik 1
<b>Arbeitsaufwand:</b> -Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. G. Berschneider, FMA



### 3.4. Simulationstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Simulationstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> In dieser Vorlesung haben die Studenten die Fähigkeit erlangt, die inzwischen weit verbreitete, kommerzielle mathematisch-numerische Programmierumgebung MatLab® als ein umfangreiches Ingenieurswerkzeug zu erlernen und zu benutzen, um damit Probleme und Aufgabenstellungen aus folgenden Studienveranstaltungen zu bearbeiten, in der eigenen wissenschaftliche Arbeiten anzuwenden und auch im späteren industriellen Arbeitsalltag auf vielfältige Weise zum Einsatz zu bringen. Zu Beginn der Vorlesung werden zunächst in einer kompakten Einführung die wichtigsten Grundlagen der Programmierung mit den relevanten numerischen Verfahren vermittelt. Danach erfolgt eine detaillierte, praxisorientierte Einführung in die Software. Das erworbene Wissen wird an einer Auswahl von studienfachbezogenen Problemstellungen aus den Bereichen Chemie- und Energietechnik als auch der Biotechnologie gefestigt und vertieft.
<b>Inhalt:</b> <b>Theorie der Simulationstechnik</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen allgemeiner Simulationsmethodik: Beispiele und Nutzen</li><li>• Grundlegende Schritte: Realität, Modell, Simulation</li><li>• Modellgleichungen und Lösungsalgorithmen</li><li>• Grundlagen zu relevanten numerischen Verfahren und Algorithmen</li><li>• Simulationstechniken zur Modellanalyse und Parameterbestimmung</li><li>• Einsatz der Simulation für Analyse, Optimierung und Design</li></ul> <b>Praktische Einführung in MATLAB</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Softwarenutzung und Programmiertechniken</li><li>• Funktionsaufrufe und Datenvisualisierung</li><li>• Numerische Lösung algebraischer, differentieller und integraler Gleichungen</li><li>• Simulation kontinuierlicher Systeme: Bilanzmodelle und chemischen Reaktoren</li><li>• Simulation diskreter Systeme: Verkehrsprobleme und biotechnologischen Modelle</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 1 SWS Vorlesung, 1 SWS Hörsaalübung und 1 SWS Computerlabor-Übung; (WS); (3. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Programmierung, Schriftliche Prüfung (K120) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Voigt, FVST



**Literaturhinweise:**

Benker, Mathematik mit MATLAB : Eine Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer 2000, Bungartz Modellbildung und Simulation Springer 2009.



### 3.5. Physik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Physik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten können sicher mit den Grundlagen der Experimentalphysik (Mechanik, Wärme, Elektromagnetismus, Optik, Atomphysik) umgehen. Sie können induktive und deduktive Methoden zur physikalischen Erkenntnisgewinnung mittels experimenteller und mathematischer Herangehensweise nutzen. Sie können <ul style="list-style-type: none"><li>• die Grundlagen im Gebiet der klassischen Mechanik und Thermodynamik beschreiben,</li><li>• die mathematische Beschreibung dieser Grundlagen erklären,</li><li>• die Grundlagen und ihre mathematische Beschreibung anwenden, um selbstständig einfache physikalische Probleme zu bearbeiten,</li><li>• forschungsnahe Experimente durchführen</li><li>• Messapparaturen selbstständig aufbauen</li><li>• Messergebnisse auswerten</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Kinematik, Dynamik der Punktmasse und des starren Körpers, Erhaltungssätze, Mechanik deformierbarer Medien, Hydrostatik und Hydrodynamik, Thermodynamik, kinetische Gastheorie</li><li>– Felder, Gravitation, Elektrizität und Magnetismus, Elektrodynamik, Schwingungen und Wellen, Strahlen- und Wellenoptik, Atombau und Spektren, Struktur der Materie</li><li>– Hinweis: Modul baut auf <i>Physik I</i> auf; fakultative Teilnahme an weiteren Übungen (2 SWS) möglich</li></ul> <i>Übungen zu den Vorlesungen</i> <ul style="list-style-type: none"><li>– Bearbeitung von Übungsaufgaben zur Experimentalphysik</li></ul> <i>Physikalisches Praktikum</i> <ul style="list-style-type: none"><li>– Durchführung von physikalischen Experimenten zur Mechanik, Wärme, Elektrik, Optik</li><li>– Messung physikalischer Größen und Ermittlung quantitativer physikalischer Zusammenhänge</li></ul> Hinweise und Literatur sind zu finden unter <a href="http://www.uni-magdeburg.de/iep/lehreiep.html">http://www.uni-magdeburg.de/iep/lehreiep.html</a> oder <a href="http://hydra.nat.uni-magdeburg.de/ing/v.html">http://hydra.nat.uni-magdeburg.de/ing/v.html</a>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Übung / Praktikum; (WS); (1.+2. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Physik 1. Semester: keine; Physik 2. Semester: Lehrveranstaltungen aus dem 1. Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 98 Stunden, Selbststudium: 202 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Praktikumsschein / K 180 / 10 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. R. Goldhahn, FNW



**Literaturhinweise:**

- Heribert Stroppe, unter Mitarbeit von Heinz Langer, Peter Streitenberger und Eckard Specht: *PHYSIK für Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften*, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München, Wien, 15. Auflage, 2012, ISBN 978-3-446-42771-6.
- E. Hering, R. Martin, M. Stohrer: *Physik für Ingenieure*, Springer, 1997.
- P. Dobrinski, G. Krakau, A. Vogel: *Physik für Ingenieure*, Teubner, 1996.
- E. Gerlach, P. Grosse: *Physik - Eine Einführung für Ingenieure*, Teubner, 1991.
- D. Meschede: *Gerthsen Physik*, Springer, 2003.
- W. Demtroeder: *Experimentalphysik* (mehrbändiges Werk), Springer, 1994.
- Bergmann-Schaefer: *Lehrbuch der Experimentalphysik* (mehrbändiges Werk), Walter de Gruyter, 11. Auflage, 1998



### 3.6. Anorganische Chemie

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Anorganische Chemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Ausgehend von grundlegenden Gesetzmäßigkeiten des Atombaus und der Anordnung der Elemente im Periodensystem können die Studierenden Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Allgemeinen und Anorganischen Chemie im Zusammenhang betrachten und auf die Eigenschaften und das Reaktionsverhalten der Elemente und Verbindungen übertragen.

Die Übungen dienen der Festigung des Vorlesungsstoffes und führen zu einem sicheren Umgang der Studierenden mit mathematisch fassbaren Inhalten z. B. aus den Bereichen der Stöchiometrie und der chemischen Gleichgewichte.

Im Praktikum erwerben die Studierenden Kompetenzen im sicheren Umgang mit Gefahrstoffen und können ihr theoretisches Wissen zur Chemie wässriger Lösungen anhand einfacher Nachweisreaktionen auf die Laborpraxis übertragen.

**Inhalt**

1. Atombau: Aufbau der Materie, Atomaufbau, Kernreaktionen, Radioaktivität, Bohrsches Atommodell, Quantenzahlen, Orbitale (s, p, d), Pauli-Prinzip, Hund'sche Regel, Struktur der Elektronenhülle Mehrelektronensysteme, Periodensystem der Elemente

2. Chemische Bindung: Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität, Ionenbindung, Atombindung (kovalente Bindung), Lewis-Formeln, Oktettregel, dative Bindung, Valenzbindungstheorie (VB), Hybridisierung,  $\sigma$ -Bindung,  $\pi$ -Bindung, Mesomerie, Molekülorbitaltheorie (MO-Theorie), Dipole, Elektronegativität, VSEPR-Modell, Van der Waals-Kräfte

3. Chemische Reaktionen: Ideale Gase, Zustandsdiagramme, Thermodynamik chemischer Reaktionen, Reaktionsenthalpie, Standardbildungsenthalpie, Satz von Heß, Chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Entropie, Geschwindigkeit chemischer Reaktionen, Arrhenius Gleichung, Katalyse (homogen, heterogen), Ammoniaksynthese, Synthese von Schwefeltrioxid, Lösungen, Elektrolyte, Löslichkeitsprodukt, Säure-Base-Theorie (Arrhenius) (Brønsted), pH-Wert, Oxidationszahlen, Oxidation, Reduktion, Redoxvorgänge

**4. Stoffchemie:**

- Wasserstoff (Vorkommen, Eigenschaften, Darstellung) Wasserstoffverbindungen

- Edelgase (Vorkommen, Eigenschaften, Verwendung) Edelgasverbindungen

- Halogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Verbindungen der Halogene

- Chalkogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Verbindungen der Chalkogene, Sauerstoffverbindungen, Oxide, Hyperoxide, Gewinnung von Schwefel (Frasch-Verfahren), Schwefelverbindungen, Schwefelsäureherstellung (techn.)

- Elemente der 5. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Stickstoff-Wasserstoffverbindungen, Ammoniaksynthese, Stickoxide, Salpetersäureherstellung

- Elemente der 4. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Carbide, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Carbonate, Siliciumdioxid, Herstellung von Reinstsilicium, Silikate, Gläser

- Elemente der 3. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung)

- Elemente der 2. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung)

- Elemente der 1. Hauptgruppe (außer Wasserstoff) (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung)

5. Koordinationschemie: Überblick Übergangsmetalle und Grundlagen der Koordinationschemie

6. Anorganische Chemie in Biologie und Medizin: Überblick - Wichtigkeit und Beispiele

Praktikum: Einführung in grundlegende Labortechnik anhand von Ionenreaktionen in wässriger Lösung sowie der qualitativen und quantitativen Analyse.

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung, Praktikum; (WS); (1. Semester)



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Keine

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit 70 Stunden, Selbststudium: 140 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / Praktikumsschein / 7 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr. N. Kulak, FVST

**Literaturhinweise:**

Erwin Riedel: Allgemeine und Anorganische Chemie (de Gruyter Studium)



### 3.7. Organische Chemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Organische Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Ausgehend von der grundlegenden Einteilung organischer Verbindungen können die Studierenden aus wichtigen Strukturmerkmalen (funktionelle Gruppen) Gesetzmäßigkeiten für das Reaktionsverhalten ableiten. Sie kennen und verstehen die wesentlichen Reaktionsmechanismen und Leitprinzipien der organischen Chemie und sind zur Analyse und Vorhersage des Reaktionsverlaufs chemischer Reaktionen befähigt. Mit dieser Grundlage der Synthesepaltung besitzen die Studierenden das Basisverständnis für die Inhalte aufbauender Module. Nach Abschluss des Praktikums beherrschen die Studierenden den sicheren Umgang mit Gefahrstoffen sowie Labor- und Messgeräten.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Systematik organischer Verbindungen</li><li>• Systematische Nomenklatur organischer Verbindungen</li><li>• Struktur und Bindung am Kohlenstoffatom</li><li>• Struktur und Bindung organischer Moleküle</li><li>• Grundlegende elektronische und sterische Effekte</li><li>• Struktur-Reaktivitäts-Beziehungen</li><li>• Grundlagen der Stereochemie</li><li>• Radikalreaktionen</li><li>• Nucleophile Substitutionsreaktionen</li><li>• Eliminierungen</li><li>• Additionsreaktionen</li><li>• Substitutionsreaktionen am aromatischen System</li><li>• Carbonylreaktionen</li><li>• Umlagerungen</li><li>• Oxidationen und Reduktionen</li></ul> <b>Praktikum:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reinigung und Charakterisierung von organischen Substanzen</li><li>• Stoffgruppenspezifische Analytik</li><li>• Synthese organischer Verbindungen und Nutzung chromatographischer Methoden</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (1+2 SWS), Übung (1 SWS), Praktikum mit begleitendem Seminar (2 SWS), (WS); (1.+2. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 156 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / unbenoteter LN für LV im 1. Semester / Praktikumsschein / 8 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> PD Dr. E. Haak in Zusammenarbeit mit Dr. S. Busse, FVST





**Literaturhinweise:**

- K. P. C. Vollhard, *Organische Chemie*, Wiley-VCH, Weinheim
- P. Sykes, *Reaktionsmechanismen der Organischen Chemie*, Wiley-VCH, Weinheim
- Vorlesungsskript zum Download



### 3.8. Physikalische Chemie

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Physikalische Chemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden sind befähigt, mit Grundbegriffen, wichtigen Gesetzmäßigkeiten und Messmethoden der Physikalischen Chemie sicher umgehen zu können. Die Studierenden erwerben Basiskompetenzen in den Bereichen (chemische) Thermodynamik, Kinetik und Elektrochemie, da vor allem makroskopische, weniger mikroskopische Zusammenhänge betrachtet werden.

In der Übung wird das Lösen physikalisch-chemischer Probleme anhand ausgewählter Rechenbeispiele trainiert.

Im Praktikum wird das theoretische Wissen angewendet und auf das Messen von physikalisch-chemischen Größen übertragen. Trainiert werden sowohl die Beobachtungsgabe und kritische Messwerterfassung als auch eine fundierte Darstellung der Ergebnisse im zu erstellenden Protokoll.

**Inhalt**Block 1:*Einführung*

Abriss der Hauptgebiete der Physikalischen Chemie; Grundbegriffe, -größen und Arbeitsmethoden der Physikalischen Chemie

*Chemische Thermodynamik*

System und Umgebung, Zustandsgrößen und Zustandsfunktionen, 0. Hauptsatz; Gasgleichungen, thermische Zustandsgleichung; Reale Gase, kritische Größen, Prinzip der korrespondierenden Zustände

Block 2:

1. Hauptsatz und kalorische Zustandsgleichung; Temperaturabhängigkeit von innerer Energie und Enthalpie: molare und spezifische Wärmekapazitäten; Reaktionsenergie und -enthalpie, Heßscher Satz; Isothermen und Adiabaten; Umsetzung von Wärme und Arbeit: Kreisprozesse; 2. Hauptsatz, Entropie, und 3. Hauptsatz

Block 3:

Konzentration auf das System: Freie Energie und Freie Enthalpie; Chemisches Potential und seine Abhängigkeit von Druck, Volumen, Temperatur und Molenbruch; Mischphasen: wichtige Beziehungen und Größen, partiell molare Größen; Mischungseffekte; Joule-Thomson-Effekt

Block 4:

Phasengleichgewichte in Ein- und Mehrkomponentensystemen; Gibbs'sche Phasenregel; Clapeyron- und Clausius-Clapeyron-Beziehung; Raoult'sches Gesetz, Dampfdruck- und Siedediagramme binärer Systeme, Azeotrope; Kolligative Eigenschaften; Schmelzdiagramme binärer Systeme

Block 5:

Chemisches Gleichgewicht: Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstante und ihre Druck- und Temperaturabhängigkeit; Oberflächenenergie: Oberflächenspannung, Eötvös'sche Regel, Kelvin-Gleichung

*Kinetik homogener und heterogener Reaktionen*

Grundbegriffe: allgemeiner Geschwindigkeitsansatz, Ordnung und Molekularität; einfache Geschwindigkeitsgesetze; Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit: Arrhenius-Ansatz

Block 6:



Komplexere Geschwindigkeitsgesetze: Folgereaktionen, Quasistationaritätsnäherung und vorgelagerte Gleichgewichte; Kettenreaktionen und Explosionen; Katalyse allgemein; Adsorption und heterogene Katalyse

**Block 7:**

*Elektrochemie (Thermodynamik und Kinetik geladener Teilchen)*

Grundbegriffe; Starke und schwache Elektrolyte; Elektrodenpotentiale und elektromotorische Kraft; Spannungsreihe; Halbzellen und Batterien (galvanische Zellen); Korrosion; Doppelschichten; Kinetik von Elektrodenprozessen

Parallel zur Vorlesung, die hier in 7 Blöcke á je 4 Unterrichtsstunden (2 Semesterwochen) gegliedert ist, werden Rechenübungen, in denen die Studierenden die Lösung entsprechender physikalisch-chemischer Probleme üben sollen, sowie ein Praktikum durchgeführt; in letzterem werden verschiedene Versuche aus den in der Vorlesung behandelten Gebieten durchgeführt.

**Lehrformen:**

Vorlesung, Rechenübung, Praktikum mit Seminar; (SS); (4. Semester)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mathematik I

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 126 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / Praktikumsschein / 7 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. H. Weiß, FVST in Zusammenarbeit mit PD Dr. J. Vogt

**Literaturhinweise:**

- Atkins, Peter W.; De Paula, Julio; "Physikalische Chemie", Wiley-VCH
- Atkins, Peter W.; De Paula, Julio; "Kurzlehrbuch Physikalische Chemie", Wiley-VCH
- Wedler, Gerd; "Lehrbuch der Physikalischen Chemie", Wiley-VCH



### 3.9. Konstruktionselemente I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Konstruktionselemente I
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können Konstruktionszeichnungen verstehen und kleine Konstruktionen durchführen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Projektionslehre (Grundlagen, Normalprojektion, isometrische Projektion, Darstellung und Durchdringung von Körpern, Schnittflächen)</li><li>2. Normgerechtes Darstellen (Schnittdarstellung, Bemaßung von Bauteilen, Lesen von Zusammenstellungszeichnung von Baugruppen)</li><li>3. Gestaltabweichungen (Maßabweichungen (Toleranzen und Passungen), Form- und Lageabweichungen, Oberflächenabweichungen, Eintrag in Zeichnungen)</li><li>4. Gestaltungslehre, Grundlagen der Gestaltung (Methodik)</li><li>5. Fertigungsgerechtes Gestalten (Gestaltung eines Bauteils)</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung mit Belegarbeiten und einer Leistungskontrolle; (WS); (1. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Chr. Beyer, FMB <b>Lehrende:</b> Prof. Chr. Beyer, Dr.-Ing. R. Träger
<b>Literaturhinweise:</b> Hoischen/Hesser. Technisches Zeichnen. Berlin: Cornelsen Verlag Weitere Literaturhinweise im Vorlesungsskript



### 3.10. Werkstofftechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Werkstofftechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können Werkstoffe entsprechend ihres Einsatzzwecks anhand ihrer Kenntnisse über Struktur und Eigenschaften und deren Beeinflussbarkeit auswählen. Sie kennen die Optimierbarkeit der Werkstoffeigenschaften und können auch unter ökonomischen und ökologischen Aspekten eine gezielte Werkstoffauswahl treffen. Die Studierenden sind in der Lage, Werkstoffkennwerte zu ermitteln und zu interpretieren, Methoden der Werkstoffprüfung und Schadensanalyse anzuwenden.
<b>Inhalt:</b> <b>Sommersemester</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Struktur und Gefüge von Werkstoffen Aufbau der Werkstoffe, Atomarer Aufbau und Bindungskräfte, Bau des freien Atoms, chemische Bindung, Bindungsenergie und interatomarer Abstand</li><li>2. Atomanordnung im Festkörper Kristallstrukturen, Realstruktur, Nichtkristalline (amorphe) Strukturen</li><li>3. Gefüge Experimentelle Methoden, Röntgenfeinstruktur, Licht- und Elektronenmikroskopie, Quantitative Gefügeanalyse, Bewegung von Atomen – Diffusion</li><li>4. Übergänge in den festen Zustand Aggregatzustände, Keimbildung und Keimwachstum, Erstarrungswärme und Gefügeausbildung, Gussfehler</li><li>5. Zustandsdiagramme Phasenregel, Binäre Systeme, Doppeltangentenregel, Hebelgesetz, Verlauf der Erstarrung, Seigerung, Typische binäre Zustandsdiagramme</li><li>6. Realdiagramme Eisen-Kohlenstoff-Diagramm, Darstellung von Ungleichgewichtszuständen, ZTU-Diagramme, Wärmebehandlung</li><li>7. Mechanische Eigenschaften Quasistatische Beanspruchung, Zugversuch, Biegeversuch, Härtemessung, Kreisversuch, Dynamische Beanspruchung – Kerbschlagbiegeversuch, Zyklische Beanspruchung, Bruchmechanik</li></ol> <b>Wintersemester</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Physikalische Eigenschaften Elektrische Eigenschaften, Ohmsches Gesetz und elektrische Leitfähigkeit, Einflussfaktoren auf die elektrische Leitfähigkeit in Metallen, Thermoelektrizität, thermische Eigenschaften, Wärmekapazität und spezifische Wärme, Thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit, Magnetische Eigenschaften, Magnetische Momente und Dipole, Magnetisches Feld und Induktion, Domänen und Hystereseschleife, Anwendungen der Hysteresekurve, Curie-Temperatur</li><li>2. Zerstörungsfreie Prüfung Radiographie und Radioskopie, Ultraschallverfahren, Weitere Verfahren</li><li>3. Chemische Eigenschaften – Korrosion</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum; (SS); (2.+3. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>



**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit 98 h, Selbststudium 202 h

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

4 schriftliche Leistungsnachweise, erfolgreiche Teilnahme an 4 Praktika / K120 / 10 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. M. Scheffler, FMB

**Literaturhinweise:**

Bergmann, W.: Werkstofftechnik (Teil 1 und 2). Hanser-Verlag München

Askeland, D.R.: Materialwissenschaften. Spektrum-Verlag Heidelberg

Callister, W. D.: Fundamentals of materials science and engineering. Wiley-Verlag Hoboken

Schatt, Worch: Werkstoffwissenschaft. Dt. Verlag für Grundstoffindustrie Stuttgart.

Hornbogen, E.: Werkstoffe. Springer-Verlag Heidelberg, Berlin

Blumenauer, H.: Werkstoffprüfung. Dt. Verlag für Grundstoffindustrie Stuttgart.



### 3.11. Technische Thermodynamik / Wärmelehre

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Technische Thermodynamik / Wärmelehre

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Das Modul verfolgt das Ziel, Basiswissen zu den Grundlagen der Energieübertragung und Energiewandlung sowie dem Zustandsverhalten von Systemen zu vermitteln. Die Studenten besitzen Fertigkeiten zur energetischen Bilanzierung von technischen Systemen sowie zur energetischen Bewertung von Prozessen. Sie sind befähigt, die Methodik der Thermodynamik für die Schulung des analytischen Denkvermögens zu nutzen und erreichen Grundkompetenzen zur Identifizierung und Lösung energetischer Problemstellungen.

Die Studenten kennen die wichtigsten Energiewandlungsprozesse, können diese bewerten und besitzen die Fähigkeit zu energie- und umweltbewusstem Handeln in der beruflichen Tätigkeit.

**Inhalt:**

1. Systematik und Grundbegriffe, Wärme als Form des Energietransportes, Arten der Wärmeübertragung, Grundgesetze und Wärmedurchgang
2. Wärmeübergang durch freie und erzwungene Konvektion, Berechnung von Wärmeübergangskoeffizienten, Energietransport durch Strahlung
3. Wärme und innere Energie, Energieerhaltungsprinzip, äußere Arbeit und Systemarbeit, Volumenänderungs- und technische Arbeit, dissipative Arbeit, p,v-Diagramm
4. Der erste Hauptsatz, Formulierungen mit der inneren Energie und der Enthalpie, Anwendung auf abgeschlossene Systeme, Wärme bei reversiblen Zustandsänderungen
5. Entropie und zweiter Hauptsatz, Prinzip der Irreversibilität, Entropie als Zustandsgröße und T,s-Diagramm, Entropiebilanz und Entropieerzeugung, reversible und irreversible Prozesse in adiabaten Systemen, Prozessbewertung (Exergie)
6. Zustandsverhalten einfacher Stoffe, thermische und energetische Zustandsgleichungen, charakteristische Koeffizienten und Zusammenhänge, Berechnung von Zustandsgrößen, ideale Flüssigkeiten, reale und ideale Gase, Zustandsänderungen idealer Gase
7. Bilanzen für offene Systeme, Prozesse in Maschinen, Apparaturen und Anlagen: Rohrleitungen, Düse und Diffusor, Armaturen, Verdichter (), Gasturbinen, Windräder, Pumpen, Wasserturbinen und Pumpspeicherkraftwerke, Wärmeübertrager, instationäre Prozesse
8. Thermodynamische Potentiale und Fundamentalgleichungen, freie Energie und freie Enthalpie, chemisches Potential, Maxwell-Relationen, Anwendung auf die energetische Zustandsgleichung (van der Waals-Gas)
9. Mischungen idealer Gase (Gesetze von Dalton und Avogadro, Zustandsgleichungen) und Grundlagen der Verbrennungsrechnungen, Heiz- und Brennwert, Luftbedarf und Abgaszusammensetzung, Abgastemperatur und theoretische Verbrennungstemperatur (Bilanzen und h,9-Diagramm)
10. Grundlagen der Kreisprozesse, Links- und Rechtsprozesse (Energiewandlungsprozesse: Wärmekraftmaschine, Kältemaschinen und Wärmepumpen), Möglichkeiten und Grenzen der Energiewandlung (2. Hauptsatz), Carnot-Prozess (Bedeutung als Vergleichsprozess für die Prozessbewertung)
11. Joule-Prozess als Vergleichsprozess der offenen und geschlossenen Gasturbinenanlagen, Prozessverbesserung durch Regeneration, Verbrennungskraftmaschinen (Otto- und Dieselprozess) – Berechnung und Vergleich, Leistungserhöhung durch Abgasturbolader, weitere Kreisprozesse
12. Zustandsverhalten realer, reiner Stoffe mit Phasenänderung, Phasengleichgewicht und Gibbs'sche Phasenregel, Dampftafeln und Zustandsdiagramme, Tripelpunkt und kritischer Punkt, Clausius-Clapeyron'sche Gleichung, Zustandsänderungen mit Phasenumwandlung



13. Kreisprozesse mit Dämpfen, Clausius-Rankine-Prozess als Sattdampf- und Heißdampfprozesse, „Carnotisierung“ und Möglichkeiten der Wirkungsgradverbesserung (Vorwärmung, mehrstufige Prozesse, ...)
14. Verluste beim Kraftwerksprozess, Kombiprozesse und Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung, Gas-Dampf-Mischungen, absolute und relative Feuchte, thermische und energetische Zustandsgleichung, Taupunkt

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übungen; (WS); (3. Semester)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Lehrveranstaltung des Sommersemesters baut auf die Lehrveranstaltung im Wintersemester auf

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. F. Beyrau, FVST

**Literaturhinweise:**

- H. D. Baehr: Thermodynamik. Springer-Verlag, Berlin
- N. Elsner: Grundlagen der Technischen Thermodynamik. (Band 1 und 2) Akademie-Verlag, Berlin
- H. K. Iben; Starthilfe Thermodynamik
- J. Schmidt: B. G. Teubner Stuttgart, Leipzig (ISBN 3-519-00262-0)
- P. Stephan; K. Schaber; Thermodynamik, Grundlagen und Technische Anwendung (Bd. 1),
- K. Stephan; F. Mayinger: Springer-Verlag, Berlin
- Autorenkollektiv: VDI-Wärmeatlas, 6. Auflage, VDI-Verlag, Düsseldorf 1991
- H. D. Baehr; K. Stephan: Wärme- und Stoffübertragung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- J. Schmidt: Einführung\_in\_die\_Wärmeübertragung.pdf (Downloadbereich des Lehrstuhls)





### 3.12. Strömungsmechanik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Strömungsmechanik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Auf der Basis der Vermittlung der Grundlagen der Strömungsmechanik und der Strömungsdynamik haben die Studenten Fertigkeiten zur Untersuchung und Berechnung von inkompressiblen Strömungen erworben. Sie besitzen Basiskompetenzen zur Betrachtung kompressibler Strömungen. Die Studierenden sind befähigt, eigenständig strömungsmechanische Grundlagenprobleme zu lösen.  Durch die Teilnahme an der Übung sind sie in der Lage, die abstrakten theoretischen Zusammenhänge in Anwendungsbeispiele zu integrieren. Sie können die Grundgleichungen der Strömungsmechanik in allen Varianten sicher anwenden. Außerdem können sie Grundkonzepte wie Kontrollvolumen und Erhaltungsprinzipien meistern.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung, Grundprinzipien der Strömungsdynamik</li><li>• Wiederholung notwendiger Konzepte der Thermodynamik und der Mathematik</li><li>• Kinematik</li><li>• Kontrollvolumen und Erhaltungsgleichungen</li><li>• Reibungslose Strömungen, Euler-Gleichungen</li><li>• Ruhende Strömungen</li><li>• Bernoulli-Gleichung, Berechnung von Rohrströmungen</li><li>• Impulssatz, Kräfte und Momente</li><li>• Reibungsbehaftete Strömungen, Navier-Stokes-Gleichungen</li><li>• Ähnlichkeitstheorie, dimensionslose Kennzahlen</li><li>• Grundlagen der kompressiblen Strömungen</li><li>• Experimentelle und numerische Untersuchungsmethoden</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (SS); (4. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Physik, Thermodynamik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Thévenin, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Böswirth, Technische Strömungslehre</li><li>- Gersten und Hernig, Strömungsmechanik</li><li>- Herwig, Strömungsmechanik</li><li>- Iben, Strömungslehre: eine gute Einführung</li></ul>



- Becker, Technische Strömungslehre.
- Kuhlmann, Strömungsmechanik
- Kümmel, Technische Strömungsmechanik
- Siekmann, Strömungslehre
- Strauß, Strömungsmechanik

siehe: [www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher.pdf](http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher.pdf)



### 3.13. Messtechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Messtechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nach Abschluss dieses Moduls haben die Studenten ein Grundverständnis für die Basisbegriffe derjenigen Messtechnik, die in der Verfahrenstechnik regelmäßig für Transport- und Energieprozesse eingesetzt wird.</li><li>• Durch die Anwendung in der Übung/Praktikum sind sie in der Lage, mit konventionellen und optischen Messgeräten zu arbeiten, um integrale und lokale Größen zu bestimmen und auszuwerten. Sie haben die Kompetenzen erlangt, die für Stoff und Energie umwandelnde Prozesse relevanten Messgrößen zu erkennen, die geeignete Messtechnik auszuwählen und die erforderlichen Messungen erfolgreich durchzuführen und auszuwerten.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundbegriffe der Messtechnik, Messgenauigkeit, Messbereich, Kalibrierung.</li><li>• Messfehler</li><li>• Signalerfassung und -verarbeitung</li><li>• Messverfahren: für Geschwindigkeit, Massen- und Volumenstrom, Dichte, Druck, Temperatur, Viskosität, Oberflächenspannung und Feuchte</li><li>• Laseroptische Messverfahren: LDA, PDA, LIF, PIV, Schattenverfahren</li><li>• Optische Messverfahren: Schlieren, Interferometrie, Holographie, Absorption, Emission</li><li>• Konzentrationsmessung</li><li>• Füllstandsmessung und Wägung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Strömungsmechanik, Thermodynamik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / Leistungsnachweis für das Praktikum / 5 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Dr.-Ing. K. Zähringer, FVST <b>Lehrende:</b> Dr.-Ing. K. Zähringer, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <a href="http://www.lss.ovgu.de/lss_media/Downloads/Lehre/Vorlesung/Messtechnik/Literaturverzeichnis.pdf">www.lss.ovgu.de/lss_media/Downloads/Lehre/Vorlesung/Messtechnik/Literaturverzeichnis.pdf</a>



### 3.14. Chemische Prozesskunde

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Chemische Prozesskunde
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• Haben ein Grundverständnis für ausgewählte großtechnische Prozesse der organischen bzw. anorganischen Chemie und der chemischen Verfahrenstechnik erworben</li><li>• sind in der Lage stoffliche und technische Aspekte ausgewählter chemischer Prozesse als Ganzes einzuordnen und auf andere Prozesse zu übertragen</li><li>• können die Verfahrensentwicklung, apparative Umsetzung und Wirtschaftlichkeit chemischer Prozesse einschätzen (Labor- vs. Industriemaßstab)</li><li>• haben einen sicheren Umgang bei der Gestaltung von Verfahren mit nachwachsenden Rohstoffen bzw. können diesbezüglich auftretende Problemstellungen analysieren und lösen</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Stoffliche und technische Aspekte der industriellen Chemie am Beispiel ausgewählter Verfahren und Produkte</li><li>• Charakterisierung chemischer Verfahren</li><li>• Verfahrensauswahl und Verfahrensentwicklung</li><li>• Probleme bei der Prozessentwicklung und beim Betrieb von Chemieanlagen</li><li>• Versorgung mit Rohstoffen und deren Aufarbeitung, organische Zwischenprodukte, organische Folgeprodukte, anorganische Grundstoffe, anorganische Massenprodukte, moderne anorganische Spezialprodukte</li><li>• Produktstammbäume und deren Querverbindung zu anderen Produktgruppen</li><li>• Energiebedarf, Umweltbelastungen, Anlagensicherheit</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare; (SS); (4. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Chemie, Physik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST <b>weitere Lehrende:</b> apl. Prof. H. Lorenz / Dr. K. Wagemann



**Literaturhinweise:**

- U. Onken, A. Behr, Chemische Prozesskunde, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1996
- Winnacker-Küchler. Hrsg. von Roland Dittmeyer, Chemische Technik: Prozesse und Produkte, Weinheim, Wiley-VCH, 2005
- W.R.A. Vauck, H.A. Müller, Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1994
- Moulijn, van Diepen, Chemical Process Technology, Wiley, 2001



### 3.15. Reaktionstechnik

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Reaktionstechnik

**Ziele des Moduls:**

Die Studenten

- haben ein physikalisches Grundverständnis wesentlicher Prozesse der chemischen Verfahrenstechnik insbesondere der Reaktionstechnik erworben
- sind in der Lage, chemische Reaktionen zu analysieren, z.B. Schlüsselkomponenten und Schlüsselreaktionen herauszuarbeiten
- können sichere Aussagen zum Fortschreiten von Reaktionen in Abhängigkeit der Prozessbedingungen und zur Ausbeute sowie Selektivität gewünschter Produkte treffen und sind somit befähigt einen geeigneten Reaktortyp auswählen
- haben die Kompetenz, Reaktionen unter komplexen Aspekten, wie Thermodynamik, Kinetik und Katalyse zu bewerten
- sind im Umgang mit Rechenmodellen gefestigt und damit in der Lage einen BR, CSTR oder PFTR verfahrenstechnisch auszulegen bzw. stofflich und energetisch zu bewerten

**Inhalt:**

1. Stöchiometrie chemischer Reaktionen
  - Schlüsselkomponenten
  - Bestimmung der Schlüsselreaktionen
  - Fortschrittsgrade
  - Ausbeute und Selektivität
2. Chemische Thermodynamik
  - Reaktionsenthalpie
  - Berechnung der Reaktionsenthalpie
  - Temperatur- Druckabhängigkeit
  - Chemisches Gleichgewicht
  - Berechnung der freien Standardreaktionsenthalpie
  - Die Gleichgewichtskonstante  $K_p$  und ihre Temperaturabhängigkeit
  - Einfluss des Drucks auf die Lage des Gleichgewichts
  - Regeln zur Gleichgewichtslage
3. Kinetik
  - Reaktionsgeschwindigkeit
  - Beschreibung der Reaktionsgeschwindigkeit
  - Zeitgesetze einfacher Reaktionen
  - Ermittlung kinetischer Parameter
  - Differentialmethode
  - Integralmethode
  - Kinetik heterogen katalysierter Reaktionen
  - Prinzipien und Beispiel
  - Adsorption und Chemiesorption
  - Langmuir-Hinshelwood-Kinetik
  - Temperaturabhängigkeit heterogen katalysierter Reaktionen
4. Stofftransport bei der heterogenen Katalyse
  - allgemeine Grundlagen
  - Diffusion in porösen Systemen
  - Porendiffusion und Reaktion



- Filmdiffusion und Reaktion
- Gas-Flüssig-Reaktionen
- Dreiphasen-Reaktionen
- 5. Berechnung chemischer Reaktoren
  - Formen und Reaktionsführung und Reaktoren
  - Allgemeine Stoffbilanz
  - Isotherme Reaktoren
  - Idealer Rührkessel (BR)
  - Ideales Strömungsrohr (PFTR)
  - Idealer Durchflussrührkessel (CSTR)
  - Vergleich der Idealreaktoren und Auslegungshinweise
  - Rührkesselkaskade
  - Mehrphasen-Reaktoren
- 6. Wärmebilanz chemischer Reaktoren
  - Allgemeine Wärmebilanz
  - Der gekühlte CSTR
  - Stabilitätsprobleme
  - Qualitative Ergebnisse für andere Reaktoren
  - Verweilzeitverhalten chemischer Reaktoren
  - Messung und Beschreibung des Verweilzeitverhaltens
  - Verweilzeitverteilung für einfache Modelle
  - Umsatzberechnung für Realreaktoren
  - Kaskadenmodell
  - Dispersionsmodell
  - Segregationsmodell
  - Selektivitätsprobleme
- 7. Stoffliche Aspekte der Chemischen Verfahrenstechnik
  - Bedeutung der chemischen Industrie und Rohstoffversorgung
  - Erdölkonversion und petrochemische Grundstoffe
  - Steam-Cracken von Kohlenwasserstoffen
  - Chemische Produkte und Produktstammbäume

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung; (SS); (6. Semester)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Chemie

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST

**weiterer Lehrender:**

Prof. Ch. Hamel

**Literaturhinweise:**

- M. Baerns, H. Hofmann, A. Renken, Chemische Reaktionstechnik Wiley-VCH, 1999
- G. Emig, E. Klemm Technische Chemie: Einführung in die Chemische Reaktionstechnik Springer, 2005
- O. Levenspiel Chemical Reaction Engineering Wiley, 1999
- S. Fogler Elements of Chemical Reaction Engineering Prentice Hall International, 2004



### 3.16. Partikeltechnologie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Partikeltechnologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• erlernen Methoden zur mathematischen Beschreibung der Eigenschaften und des Verhaltens einzelner und mehrerer Partikel.</li><li>• erlernen Grundkenntnisse wesentlicher dynamischer Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik und Partikeltechnik.</li><li>• analysieren und gestalten Prozesse zur Lagerung, zum Transport, zur Trennung und Zerkleinerung von disperser Stoffsysteme.</li><li>• entwickeln ihre Fertigkeiten bei der Auswahl, Auslegung, Gestaltung und verfahrenstechnischen Bewertung stochastischer und stationärer Partikelprozesse.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Charakterisierung von Partikeln<ul style="list-style-type: none"><li>• Beschreibung der Größe, Größenverteilung und Packungsstrukturen</li></ul></li><li>2. Strömung einzelner Partikel<ul style="list-style-type: none"><li>• Herleitung der Bewegungsgleichungen und Erhaltungsgesetze</li></ul></li><li>3. Strömung mehrerer Partikel<ul style="list-style-type: none"><li>• Suspensionen und Ablagerungsverhalten</li></ul></li><li>4. Kolloide und ultrafeine Partikel<ul style="list-style-type: none"><li>• Oberflächenkräfte, Suspensionsrheologie und Partikelvergrößerung</li></ul></li><li>5. Lagerung von Partikeln<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestaltung von Vorratsbehältern und Schubspannungsanalyse</li></ul></li><li>6. Transport von Partikeln<ul style="list-style-type: none"><li>• Pneumatischer Transport und Steigrohre</li></ul></li><li>7. Strömungen durch Schüttungen<ul style="list-style-type: none"><li>• Filtrierung und Wirbelschichtverfahren</li></ul></li><li>8. Separierung von Partikeln unterschiedlicher Größe<ul style="list-style-type: none"><li>• Separierung in Gas- und Hydrozyklonen</li></ul></li><li>9. Mischung und Trennung von Partikeln unterschiedlicher Größe<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestaltung und Analyse von Mischungs- und Trennungsprozesse</li></ul></li><li>10. Zerkleinerung von Partikeln<ul style="list-style-type: none"><li>• Zerkleinerungsmechanismen und –prozesse, Energieverbrauch.</li></ul></li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen und Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Stochastik, Physik, Technische Mechanik, Strömungsmechanik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> schriftliche Prüfung / Prüfungsvorleistung: 3 Versuche / K 120 / 5 CP





**Modulverantwortlicher:**

JP F. Denner, FVST

**Literaturhinweise:**

[1] Manuskript mit Text, Bildern und Übungen.

[2] M. Rhodes, *Introduction to Particle Technology*, John Wiley & Sons Ltd., 2008.

[3] H. Schubert, *Handbuch der Mechanischen Verfahrenstechnik*, Wiley-VCH, 2003.



### 3.17. Produktgestaltung

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Produktgestaltung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen der Produktgestaltung in der stoffwandelnden Industrie klar einschätzen. Sie haben erkannt, dass die Produktgestaltung nicht nur über die Zusammensetzung, sondern auch (insbesondere für Feststoffe) über die Struktur erfolgt, und haben sich anhand von Beispielen mit Arbeitstechniken zur Produktgestaltung vertraut gemacht. Auf dieser Basis können sie die Entwicklung neuer oder die Verbesserung vorhandener Produkte systematisch vorantreiben und dabei auch den Zusammenhang mit der Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Herstellungsprozessen fundiert berücksichtigen.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Grundlagen von Produktgestaltung und Produktqualität in der stoffumwandelnden Industrie (Unterschiede zur Fertigungstechnik, Kundenorientierung, Mehrdimensionalität und Komplexität als Chance)</li><li>2. Gestaltung granularer Stoffe (Staubfreiheit, Filtrierbarkeit, Fluidisierbarkeit, Lagerung, Farbe und Geschmack, Rieselfähigkeit, Adhäsion und Kohäsion, Schüttdichte, Redispersierbarkeit und Instantisierung)</li><li>3. Waschmittel (Gestaltung über die Zusammensetzung und Struktur, molekulare Grundlagen und Kräfte, Tenside und ihre Eigenschaften, konkurrierende Qualitätsaspekte, alternative Gestaltungsmöglichkeiten und Produktionsverfahren)</li><li>4. Saubere Oberflächen (Der "Lotus-Effekt", sein molekularer Hintergrund und seine Nutzung, unterschiedliche Wege der technischen Innovation)</li><li>5. Arzneimittel (Wirkstoffe und Formulierungen, Freisetzungseigenschaften, Retard-Eigenschaften, Beschichtungen, Mikrokapseln, Implantate)</li><li>6. Feste Katalysatoren (Qualität der aktiven Zentren, Sinn und Gestaltung von Katalysatorträgern, Katalysatorwirkungsgrad, konkurrierende Aspekte und Lösungen zur Gestaltung von Reaktoren)</li><li>7. Weitere Beispiele; Rekapitulation der Aufgabenstellung und Methodik der Produktgestaltung über die Zusammensetzung sowie über die Struktur, kurze Einleitung in das Qualitätsmanagement</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum; (WS); (5. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. E. Tsotsas, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Eigene Notizen zum Download



### 3.18. Anorganische Molekülchemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Anorganische Molekülchemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Erwerb spezieller Kenntnisse zu Bindungsmodellen und speziellen Eigenschaften sowie der Synthesewege von anorganischen Verbindungen.</li><li>• Erweiterung des Basiswissens im Bereich der Koordinationschemie</li><li>• Erweiterung des Basiswissens der Chemie der Nichtmetalle, deren Eigenschaften und deren technische Anwendungen.</li><li>• Im Praktikum: Erlernen spezieller Arbeitstechniken und Analysemethoden bei der Synthese von anorganischen Verbindungen; Erweiterung und Vertiefung der Kompetenzen, die im Grundpraktikum erlernt wurden.</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Übergangsmetalle: Aufbau des PSE, Eigenschaften, Darstellung</li><li>2. Koordinationsverbindungen: Nomenklatur, Isomerie, Bindungsmodelle, Eigenschaften</li><li>3. Verbindungen der Elemente der Gruppe 13, insbesondere Bor und Aluminium (u.a. Borane, Carborane, Wade-Regel, Silane, Gläser)</li><li>4. Verbindungen der Elemente der Gruppe 14, insbesondere Kohlenstoff, dessen Modifikationen, und Silicium</li><li>5. Verbindungen der Elemente der Gruppe 15, insbesondere Stickstoff und Phosphor (u.a. Stickstoffoxide)</li><li>6. Verbindungen der Elemente der Gruppe 16, insbesondere Sauerstoff und Schwefel (u.a. Ringverbindungen, Schwefel-Stickstoffverbindungen)</li><li>7. Verbindungen der Elemente der Gruppe 17 (u.a. Polyhalogenide, Interhalogenverbindungen)</li><li>8. Verbindungen der Elemente der Gruppe 18 (u.a. Fluoride, Oxide)</li></ol> <p>Praktikum: Synthese einfacher anorganischer Verbindungen (Nichtmetallverbindungen, Koordinationsverbindungen), Auswertung spezieller Analysedaten der synthetisierten Verbindungen, Kristallisation mit Hilfe verschiedener Methoden</p>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminar, Praktikum; (WS); (3.+5. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Anorganische Chemie (1. Semester)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 96 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K120 / benoteter LN für das Praktikum / 6 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. Dr. Nora Kulak <b>weitere Lehrende:</b> Dr. V. Lorenz (Praktikum)



### 3.19. Moderne organische Synthesemethoden

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Moderne Organische Synthesemethoden
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind zur Analyse komplexer Reaktionsmechanismen befähigt und besitzen breite Kenntnisse bezüglich des Methodenarsenals der organischen Synthesechemie. Sie können einfache Synthesen polyfunktioneller Verbindungen unter besonderer Berücksichtigung der Chemo-, Regio- und Stereoselektivität organisch chemischer Transformationen planen und durchführen. Die Studierenden sind mit den klassischen Syntheseoperationen, deren praktischer Anwendung und dem sicheren Umgang mit experimentellen Aufbauten und Arbeitstechniken vertraut.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Konformative, sterische und stereoelektronische Effekte</li><li>• Stereoselektive Synthese</li><li>• Alkylierung am nucleophilen Kohlenstoffatom</li><li>• Reaktionen von Kohlenstoff-Nucleophilen mit der Carbonylgruppe</li><li>• Umwandlung funktioneller Gruppen</li><li>• Spezielle Additions- und Substitutionsreaktionen</li><li>• Cycloadditionen, Umlagerungen und Eliminierungen</li><li>• Metall- und Halbmetall-vermittelte Reaktionen</li><li>• Reaktionen über reaktive Zwischenstufen</li><li>• Spezielle Oxidationen und Reduktionen</li><li>• Reaktivität polyfunktioneller Verbindungen</li></ul> <b>Praktikum:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Durchführung ein- und mehrstufiger Synthesen nach Literaturvorschriften</li><li>• Reinigung und Charakterisierung der Reaktionsprodukte</li><li>• Protokollführung, Auswertung und Diskussion der Ergebnisse entsprechend der guten wissenschaftlichen Praxis</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminar, Praktikum; (WS); (5.+6. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Modul Organische Chemie (MSPG, 1. und 2. Semester)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 96 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> mündliche Prüfung / benoteter LN für das Praktikum / 6 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> PD Dr. E. Haak, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• F. A. Carey, R. J. Sundberg, <i>Organische Chemie - Ein weiterführendes Lehrbuch</i>, Wiley-VCH, Weinheim</li><li>• K. Schwetlick, <i>Organikum</i>, Wiley-VCH, Weinheim</li></ul>



### 3.20. Physikalische Chemie II: Aufbau der Materie

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Physikalische Chemie II: Aufbau der Materie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden sind vertraut mit wichtigen Gesetzmäßigkeiten und Messmethoden der Physikalischen Chemie. Behandelt werden, aufbauend auf dem Modul "Physikalische Chemie", überwiegend mikroskopische Zusammenhänge aus den Bereichen Aufbau der Materie und Chemische Bindung. Die Studierenden erwerben die Kompetenz, modernen Entwicklungen der Chemie, Physik und auch Verfahrenstechnik (z.B. im Bereich "Molecular Modelling") folgen zu können.

**Inhalt**

Parallel zur Vorlesung, die hier in 7 Blöcke á je 4 Unterrichtsstunden (2 Semesterwochen) gegliedert ist, werden Rechenübungen, in denen die Studierenden die Lösung entsprechender physikalisch-chemischer Probleme üben sollen, sowie ein Praktikum mit begleitendem Seminar durchgeführt, in dem Versuche aus dem in der Vorlesung behandelten Gebiet durchgeführt werden .

Block 1:

Versagen der klassischen Physik: schwarzer Strahler, Photoeffekt, Teilchenbeugung; Well-Teilchen-Dualismus; Spektrum des Wasserstoffatoms; Bohr-Modell

Block 2:

Schrödinger-Gleichung (SG) und Wellenfunktionen; Heisenberg'sche Unschärferelation; Teilchen im Kasten; Tunneleffekt; harmonischer Oszillator

Block 3:

Wasserstoff-Atom (quantenmechanische Betrachtung); Behandlung von Mehrelektronensystemen (Pauli-Prinzip, Aufbau-Prinzip, Hund'sche Regel); HF-SCF-Atomorbitale

Block 4:

Behandlung von Molekülen: Born-Oppenheimer-Prinzip, Linearkombination von AO, Variationsprinzip; Hybridisierung; Übersicht über moderne Methoden (*ab initio*, DFT)

Block 5:

Grundlagen spektroskopischer Methoden: Auswahlregeln, Lambert-Beer-Gesetz, Franck-Condon-Prinzip; Fluoreszenz, Phosphoreszenz; UV/VIS-Spektroskopie; Infrarot- und Raman-Spektroskopie; NMR-Spektroskopie

Block 6:

Konzepte der statistischen Thermodynamik: Verteilungsfunktionen, kanonisches Ensemble, Anwendung; Molekulare Wechselwirkungen: Dipolmomente, Polarisierbarkeiten, Repulsion und Attraktion

Block 7:

Makromoleküle und Aggregate: Struktur und Dynamik, Form und Größe, "Self-Assembly"; Eigenschaften von Festkörpern

**Lehrformen:**

Vorlesung, Rechenübungen, Praktikum, Seminar zum Praktikum (mit Vorträgen der Praktikumssteilnehmer), (WS); (5. Semester)



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Module Mathematik I, Mathematik II, Physikalische Chemie

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 126 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

mündliche Prüfung / benoteter Leistungsnachweis für das Praktikum/Seminar / 7 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr. H. Weiß, FVST

**weiterer Lehrender:**

PD Dr. J. Vogt

**Literatur:**

- Atkins, Peter W. ; De Paula, Julio; "Physikalische Chemie", Wiley-VCH
- Atkins, Peter W. ; De Paula, Julio; "Kurzlehrbuch Physikalische Chemie", Wiley-VCH
- Wedler, Gerd; "Lehrbuch der Physikalischen Chemie", Wiley-VCH



### 3.21. Produktcharakterisierung / Moderne Analysemethoden

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Produktcharakterisierung / Moderne Analysemethoden
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Denken in Zusammenhängen, hier insbesondere Verknüpfung der Kenntnisse über die Stoffe und ihre Eigenschaften mit den Möglichkeiten der Messtechnik</li><li>▪ Vermittlung der Fähigkeit, aus der Vielfalt nutzbarer Analysemethoden und Charakterisierungstechniken eine optimale Auswahl zur Problemlösung treffen zu können</li><li>▪ Entwicklung von Fertigkeiten im Umgang mit hochwertigen Messgeräten</li><li>▪ Schulung des analytischen und logischen Denkens</li></ul>
<b>Inhalt</b> Die Vorlesung liefert die zum Verständnis der einzelnen Methoden notwendigen Grundlagen und das für die Anwendung in der Produktcharakterisierung/Analytik Wesentliche in komprimierter Form. Die apparative Umsetzung und die Übungen zur Interpretation der Untersuchungsergebnisse bilden die zweite Säule des aus Vorlesung und Übung bestehenden Moduls. <ul style="list-style-type: none"><li>• Organische Elementaranalyse</li><li>• Massenspektrometrie</li><li>• Röntgen-Strukturanalyse und Röntgen-Pulverdiffraktometrie</li><li>• Infrarotspektroskopie</li><li>• Kernmagnetische Resonanzspektroskopie inklusive Festkörper-NMR</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Übungen; (SS); (1.+2. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 56 Stunden; Selbststudium 124 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / unbenoteter LN für die Übung / 6 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. S. Busse <b>weitere Lehrende:</b> Dr. L. Hilfert, Dr. A. Lieb
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Organikum; verschiedene Autoren; Wiley-VCH</li><li>• Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie; Hesse, Meier, Zeeh; Thieme</li><li>• IR-Spektroskopie für Anwender; WILEY-VCH, W. Gottwald, G. Wachter</li><li>• NMR-Spektroskopie für Anwender, WILEY-VCH, U. Gruber, W. Klein</li></ul>



### 3.22. Umweltchemie

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Umweltchemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden kennen die grundsätzlichen Zusammenhänge der chemischen Abläufe in den Umweltkompartimenten Luft, Wasser und Boden. Sie können Gefährdungen durch den Eintrag von Stoffen in diese Kompartimente abschätzen und Strategien entwickeln, diese zu reduzieren. Die Studierenden sind darüber hinaus in der Lage, analytische Methoden zur Bestimmung der charakteristischen Parameter von Luft, Wasser und Boden zu beschreiben.

**Inhalt**

- 1. Einleitung:** Umwelt und Umweltfaktoren, Kompartimente und Ökosystem, Mensch und Umwelt, Historie der anthropogenen Umweltbeeinflussung, Umweltbewusstsein und zukünftige Entwicklung
- 2. Aufbau der Erde:** Sphären der Erde, Erdschichten, Erdoberfläche, Atmosphäre, globale Stoffkreisläufe, Kompartimente mit Transport- und Speicherfunktion, Quellen und Senken
- 3. Stoffe in der Umwelt:** Umweltbelastungen, Transport von Stoffen zwischen den Umweltkompartimenten, anthropogener Eintrag von Stoffen in die Umwelt, geographische Verbreitung von Umweltbelastungen, Gefahrstoffe, Umweltchemikalien, Mobilität von Stoffen in der Umwelt, Persistenz, Abbaubarkeit, geologische und biologische Anreicherung, Schadwirkungen
- 4. Umweltschutz:** Produkt- und produktionsbezogener Umweltschutz, produktionsintegrierter und additiver Umweltschutz, Maßnahmen in Gewerbe und Industrie, Erhöhung der Energieeffizienz,
- 5. Umweltrecht:** Ziele der Umweltgesetzgebung, Umweltschutz und Grundgesetz, Gesetze, Rechtsverordnungen, Verwaltungsvorschriften, Normen und technische Regeln, bestimmte und unbestimmte Rechtsbegriffe, Grenzwerte und Richtwerte, EU-Richtlinien und -verordnungen, Struktur und Prinzipien des Umweltrechts, Instrumente des Umweltrechts, Gesetze des Umweltrechts
- 6. Chemikaliengesetz, Gefahrstoffverordnung und Gefahrgutgesetz:** Chemikaliengesetz, Gefahrstoffverordnung, REACH-Verordnung, CLP-Verordnung, Arbeitsplatzgrenzwert, Gefährdungszahl, biologischer Grenzwert, Gefahrgut, Gefahrgutbeförderungsgesetz
- 7. Die Lufthülle der Erde:** Bedeutung und Zusammensetzung der Atmosphäre, Luftqualität, natürliche Emissionen, anthropogene Emissionen, ubiquitäre Stoffe, Durchmischungszeit in der Atmosphäre, Lebensdauer von Stoffen in der Atmosphäre, Transport von Luftverunreinigungen, Deposition von Luftverunreinigungen, Schäden durch Luftverunreinigungen, Grundlagen der Photochemie, OH-Radikale in der Troposphäre
- 8. Kohlendioxid:** Eigenschaften, Wirkung auf den Menschen, Photosynthese, Quellen und Senken, fossile Brennstoffe, Primärenergieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Kohlenstoffkreislauf, Änderungen des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Atmosphäre, Spurengase und Klima, Treibhauseffekt, Klimaänderungen
- 9. Kohlenmonoxid:** Eigenschaften, Quellen und Senken, CO-Emissionen, Wirkungen beim Menschen
- 10. Schwefelverbindungen:** Eigenschaften und Verwendung, Quellen und Senken, Schwefelverbindungen in der Atmosphäre, atmosphärischer Schwefelkreislauf, SO<sub>2</sub>-Emissionen, London-Smog, Wirkung auf Lebewesen und Sachgüter, saurer Regen, neuartige Waldschäden
- 11. Oxide des Stickstoffs:** Eigenschaften, Stickstoffkreislauf, Quellen und Senken von N<sub>2</sub>O, photochemisches NO/NO<sub>2</sub>-Gleichgewicht, Quellen für NO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>-Emissionen, Einfluss von NO<sub>x</sub> auf Lebewesen
- 12. Flüchtige organische Verbindungen:** Quellen und Senken von Methan, Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe, Photooxidantien, Ozon in der Troposphäre, Quellen und Senken von Ozon, Los-Angeles-Smog, Abbau von Kohlenwasserstoffen in der Atmosphäre, Wirkungen und Schäden durch photochemischen Smog, Automobilabgase, Abgasreinigung
- 13. Ozon in der Stratosphäre:** Vorkommen und Eigenschaften, Der Chapman-Zyklus, katalytischer Ozonabbau, katalytischer ClO<sub>x</sub>-, HO<sub>x</sub>- und NO<sub>x</sub>-Zyklus, Ozonloch, Schädigungen durch UV-Strahlung, FCKW, CKW, Halone, Ozonzerstörungspotential, FCKW-Ersatzstoffe





14. **Aerosole:** Bedeutung, Quellen und Eigenschaften, Umwandlungen, Zusammensetzung, Größe, Lebensdauer, Verteilung, Einfluss auf den Menschen, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Tabakrauch, Asbeste
15. **Immissionsschutzrecht:** Bundes-Immissionsschutzgesetz, Rechtsverordnungen, anlagenbezogener Immissionsschutz, produkt- und gebietsbezogener Immissionsschutz, Störfallverordnung
16. **Wasser – Grundlagen:** Bedeutung und Eigenschaften, Wasser als Lösungsmittel, Löslichkeit von Salzen, Hydratation, exotherme und endotherme Lösungsvorgänge, Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit, Löslichkeit von Molekülen, Löslichkeit von Gasen, Säure-Base-Reaktionen, pH-Wert, Stärke von Säuren und Basen, pH-Wert-Berechnungen, Fällung von Hydroxiden, Flockung
17. **Inhaltsstoffe natürlicher Gewässer und Wasserbelastungen:** Inhaltsstoffe natürlicher Gewässer, Oberflächenwasser, Grundwasser, Meerwasser, pH-Wert natürlicher Gewässer, gelöste Kationen, gelöste Anionen, gelöste Gase, organische Wasserinhaltsstoffe, dispergierte Feststoffe, Wasserbelastungen, Nährstoffe, Trophiegrad von Gewässern, Salze und Schwermetalle, Selbstreinigung, Saprobien-Index, Sauerstoffgehalt, aerober und anaerober Abbau
18. **Bewertung wassergefährdender Stoffe:** Wassergefährdende Stoffe, Biotests, toxikologische Untersuchungen, Permanganat-Index, chemischer Sauerstoffbedarf, biochemischer Sauerstoffbedarf, biochemischer Abbaugrad, Einwohnergleichwert, AOX und TOC, Gewässergüteklassen
19. **Spezielle Wasserbelastungen:** Wasch- und Reinigungsmittel, Wasserhärte, polychlorierte Dibenzodioxime und Dibenzofurane, polychlorierte Biphenyle, Öl
20. **Trinkwassergewinnung und Abwasserreinigung:** Trinkwasserbedarf, Anforderungen an Trinkwasser, Trinkwassergewinnung und –aufbereitung, Abwasser, Reinigung kommunaler Abwässer, mechanische und biologische Abwasserreinigung, Behandlung und Beseitigung von Klärschlamm, chemische Abwasserreinigung, photokatalytische Abwasserreinigung
21. **Gewässerschutzrecht:** Wasserhaushaltsgesetz, Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe, Abwasserverordnung, EU-Wasserrahmenrichtlinie
22. **Boden – Grundlagen:** Zusammensetzung, Humus und Huminstoffe, Tonmineralien, Bodenlebewesen, Bedeutung und Funktionen, Verwitterung, Erosion, Nährstoffe, Düngung
23. **Bodenbelastungen:** Schadstoffe im Boden, Bodenversauerung, der Boden als Puffer, Pestizide, DDT
24. **Schwermetalle:** Bedeutung und Vorkommen, Emissionen von Metallen und Kreisläufe, Persistenz von Metallen, Schwermetalle und Pflanzen, Quecksilber, Blei, Cadmium
25. **Altlasten:** Wirkungspfade, Bewertung, Sanierung und Sicherung
26. **Bodenschutzrecht:** Überblick
27. **Umweltanalytik:** Gegenstand der Umweltanalytik, Schritte der chemischen Analyse, Fehlerarten, Präzision und Richtigkeit, Fehlerquellen in der Analytik, instrumentelle Analytik, Atomspektroskopie (AAS, ICP-OES), Photometrie, Chromatographie (GC, HPLC), Massenspektrometrie, Wasseranalytik, Probennahme, Protokoll, Transport und Aufbewahrung, organoleptische Prüfung, physikalisch-chemische Untersuchung, pH-Wert-Messung, Messung der elektrischen Leitfähigkeit, nasschemische Methoden, Bestimmung der Säure- und Basekapazität, Bestimmung der Wasserhärte
28. **Abfall:** Entstehung von Abfällen, Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Abfälle aus Industrie und Gewerbe, Entsorgung von Abfällen; Entsorgung von Hausmüll, Deponien, Deponieklassen, Umweltbelastung und Gefahren von Deponien, Deponiegas, Deponieverbote, Müllverbrennung, Brennbarkeit von Abfällen, Müllverbrennungsanlagen, Entsorgung von Sonderabfall, chemische Vorbehandlung, thermische Behandlung, Sonderabfalldeponien, Abfallbeseitigung auf See, Recycling, Recyclingarten, Verwendung und Verwertung, Möglichkeiten und Grenzen des Recyclings, Abfallrecht

**Lehrformen:**

Vorlesung

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundlegende Kenntnisse in Anorganischer und Organischer Chemie



**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden; Selbststudium+Prüfungsvorbereitung: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. M. Schwidder, FVST

**Literaturhinweise:**



### 3.23. Bioverfahrenstechnik

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Bioverfahrenstechnik

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**Teil 1 (Biologie für Ingenieure)

Die Studenten erwerben Basiskompetenzen bzgl. der Chemie der Zelle / Mikrobiologie / Zellbiologie. Die Themen umspannen den Aufbau und die Funktion von Zellen, sowie die Grundlagen der mikrobiellen Genetik und der Biochemie. Im Praktikum erwerben die Studenten Fertigkeiten zur eigenständigen Nutzung mikrobiologischer Arbeitstechniken wie Sterilisation, Kultivierung von Mikroorganismen und Mikroskopie. Die Studenten kennen die Anforderungen von Mikroorganismen / Zellen an ihre Umwelt, können ihr Wachstum und ihre Aktivität mit einfachen Mitteln quantifizieren und diese Fähigkeiten selbstständig für die Entwicklung und Optimierung biotechnologischer Verfahren einsetzen.

Teil 2 (Bioverfahrenstechnik)

Den Studierenden werden die wesentlichen Grundlagen der biologischen, apparativen und theoretischen Aspekte biotechnologischer Prozesse vermittelt. Die Studierenden lernen Geräte, Messtechniken und Verfahren kennen, die in der Bioverfahrenstechnik routinemäßig zur Kultivierung von Mikroorganismen und zur Aufreinigung biologischer Wirkstoffe eingesetzt werden. Durch die praktischen Übungen sind die Studierenden in der Lage eigenständig Experimente in Bioreaktoren sowie Versuche zur Aufreinigung von Makromolekülen (Proteine) vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten. Die Ergebnisse der Versuche können sie in Form von schriftlichen Protokollen darstellen.

**Inhalt:**Teil 1 (Biologie für Ingenieure)

- Mikroorganismen
- Chemie der lebenden Zelle
- Die prokaryontische Zelle
- Kultivierung von prokaryonten
- Grundmechanismen des Stoffwechsels
- Genetik

**Praktikum**

- Herstellung und Sterilisation von Medien und Materialien
- Kultivierung von Mikroorganismen (Trübungsmessung, Trockengewicht)
- Mikroskopie (Färbetechniken, mikroskopische Zellzählung)
- Physiologie und Biochemie (Verwertung von Substraten, Bildung von Produkten, Sensitivität gegenüber Antibiotika)
- Identifizierung

Teil 2 (Bioverfahrenstechnik)

- Einführung
- Bioprozesse
- Vermehrung von Mikroorganismen (Wachstumskinetik, Einfluss physikalischer Faktoren,
- Produktbildung, Substratverbrauch, Sauerstoffbedarf)
- Fermentationspraxis (Bioreaktoren, Steriltechnik, Impfkulturen, Transportprozesse,
- Maßstabsvergrößerung)
- Analyse von Fermentationsprozessen (On-line Messungen, Off-line Messungen, Prozesskontrolle, Modellierung)



- Downstream Processing
- Vorbemerkungen (Ziel von Aufbereitungsverfahren, Aufarbeitung von Proteinen, Reinheit, Proteinreinigungsprozesse als Einheitsoperationen, Isolierung von intra- und extrazellulären Proteinen)
- Zellaufschluss
- Flotation
- Sedimentation
- Zentrifugation
- Filtration und Membranseparation
- Chromatographie (Grundlagen chromatographischer Trennungen, Chromatographiemethoden, Systemkomponenten einer Chromatographieanlage, das Chromatogramm, Trennprinzipien der stationären Phasen, Vorversuche zur chromatographischen Trennung, Chromatographische Medien, Gelfiltration, adsorptionschromatographische Methoden)
- Trocknung

#### Übung

- theoretische Übungen: Upstream Processing und Downstream Processing
- praktische Übung: Upstream Processing (Bioreaktor: Wachstum eines gentechnisch modifizierten von *E. coli*)
- praktische Übung: Downstream Processing (Reinigung eines überexprimierten Proteins mit Affinitäts- und Gelchromatographie)

#### Lehrformen:

##### Teil 1 (Biologie für Ingenieure)

Vorlesung, Praktikum; (WS); (3. Semester)

##### Teil 2 (Bioverfahrenstechnik)

Vorlesung, Übung; (SS); (4. Semester)

#### Voraussetzung für die Teilnahme:

Grundlagenfächer des Bachelor

#### Arbeitsaufwand:

##### Teil 1 (Biologie für Ingenieure)

2 SWS; (28 h Präsenzzeit + 32 h selbständiges Arbeiten)

##### Teil 2 (Bioverfahrenstechnik)

VT (B.sc.) 2 SWS; (28 h Präsenzzeit + 62 h selbständiges Arbeiten)

CI/MSPG (B.sc.): 3 SWS; (42 h Präsenzzeit + 78 h selbständiges Arbeiten)

STK (M.sc.): 3 SWS; (42 h Präsenzzeit + 78 h selbständiges Arbeiten)

#### Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:

##### Teil 1 (Biologie für Ingenieure)

benoteter Leistungsnachweis im Anschluss an das Praktikum / 2CP (1/3 der Gesamtnote)

##### Teil 2 (Bioverfahrenstechnik)

VT: Klausur (90 min) / 3 CP (2/3 der Gesamtnote)

CI/MSPG: Klausur (90 min) / praktische Übung mit unbenoteten Leistungsnachweis / 4 CP (2/3 der Gesamtnote)

STK: Klausur (90 min) / praktische Übung mit unbenotetem Leistungsnachweis / 4 CP (2/3 der Gesamtnote)

#### Modulverantwortlicher:

Prof. U. Reichl, FVST

#### Lehrende:

Prof. U. Reichl, Dr. D. Benndorf, FVST



**Literaturhinweise:**

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., Walter, P. (2014): Molecular Biology of the Cell, 6th ed., Garland Science
- Berg, J.M., Tymoczko, J.L., Gatto, G.J., Stryer, L (2015): Biochemistry, 8th ed., W. H. Freeman
- Fuchs T.G. (Hrsg.), Eitinger, T., Heider, J., Kemper, B., Kothe, E. (2014): Allgemeine Mikrobiologie, 9. Auflage, Thieme
- Fritsche, W. und Laplace, F. (1999): Mikrobiologie, Spektrum Akademischer Verlag 1999
- Lengeler, J.W., Drews, G., Schlegel, H.G. (1999). Biology of the Prokaryotes, Wiley-Blackwell
- Lim, D. (1998): Microbiology, 2nd ed., WCB/McGraw-Hill,
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Bender, K.S., Buckley, D.H., Stahl, D.A., Brock, T. (2015) Brock Biology of Microorganisms, 14th ed., Pearson
- Nelson, D.L., Cox, M.M. (2017): Lehninger Principles of Biochemistry, 7th ed., W. H. Freeman
- Soetaert, W., Vandamme, E. J. (Hrsg.) (2010); Industrial Biotechnology Sustainable Growth and Economic Success. 1th ed., Wiley-VCH Verlag GmbH
- Chmiel, H. (2011): Bioprozesstechnik, Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 3
- Storhas, W. (2000): Bioreaktoren und periphere Einrichtungen, Vieweg
- Storhas, W. (2013): Bioverfahrensentwicklung, Wiley-VCH



### 3.24. Praktikum Grundoperationen

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Praktikum Grundoperationen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind in der Lage Versuchsanlagen zu den entsprechenden Grundoperationen der Technischen Chemie und Verfahrenstechnik sachgerecht zu betreiben und durch Variation bestimmter Versuchsparameter und Auswertung der erhaltenen Messdaten wissenschaftliche Fragestellungen zu beantworten. Im Rahmen dessen sind die Studierenden geübt im Umgang mit experimentellen Aufbauten und können ihr theoretisch erworbenes Wissen in die praktische Anwendung umsetzen.
<b>Inhalt</b> Im Rahmen des Praktikums werden insgesamt 5 Versuche aus einem ständig aktualisierten Katalog in Gruppen von jeweils max. 4 Studierenden durchgeführt, ausgewertet, und entsprechend protokolliert; dazu gehören jeweils An- und Abtestat. Der Versuchskatalog beinhaltet derzeit: <ul style="list-style-type: none"><li>· Siedediagramme binärer Gemische</li><li>· Rektifizierkolonne</li><li>· Charakterisierung von Nanopartikeln</li><li>· Porosimetrie</li><li>· Rührkesselkaskade / Verweilzeitmodellierung</li><li>· Bestimmung kinetischer Konstanten</li><li>· Betriebspunkt eines adiabatischen Rührkesselreaktors</li><li>· Behandlung körniger Güter in Wirbelschichten <u>b. Boden</u></li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Praktikum; (SS); (6. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Physikalische Chemie, Chemische Prozesskunde
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit 28 Stunden, Selbststudium 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Unbenoteter Leistungsnachweis / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. M. Schwidder, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik, W.R.A. Vauck, H.A. Müller (Wiley-VCH) , Praktikumsanleitungen



### 3.25. Technische Chemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Technische Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Unter Anwendung ihrer Grundkenntnisse in anorganischer und organischer Chemie können die Studierenden Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen chemischen Reaktionen im Labor- und großtechnischen Maßstab benennen und erläutern. Sie verstehen, wie die Ausbeute und die Selektivität chemischer Reaktionen durch die Wahl der Prozessparameter beeinflusst werden kann. Darauf aufbauend können die Studierenden Ihre Kenntnisse auf ausgewählte Beispiele von Prozessen zur Produktion von anorganischen und organischen Grundchemikalien anwenden.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li><b>Grundlagen der chemischen Reaktionstechnik</b> Stöchiometrie, Thermodynamik, Kinetik, Transportprozesse, Reaktoren</li><li><b>Katalyse</b> Grundlagen, homogene Katalyse, heterogene Katalyse, Photokatalyse</li><li><b>Industrielle anorganische Chemie</b> Rohstoffe, anorganische Grundchemikalien, technische Silicium- und Silicatchemie</li><li><b>Industrielle organische Chemie</b> Rohstoffe, organische Grundchemikalien, Polymere</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundkenntnisse in anorganische und organische Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS (2 V, 1 Ü, 1 P) Präsenzzeit: 56 h; Selbststudium + Prüfungsvorbereitung: 94 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Praktikumsschein / K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. M. Schwidder, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Einführung in die Technische Chemie; A. Behr, D. W. Agar, J. Jörissen, A. J. Vorholt, Springer Technische Chemie; M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken, K.-O. Hinrichsen, R. Palkovits, Wiley-VCH



### 3.26. Nichttechnische Fächer

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Nichttechnische Fächer
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die Spielregeln des Berufslebens, soziale Kompetenzen und Teamarbeiten. Sie können Projekte und Zeit managen.
<b>Inhalt:</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminare, Projekte, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 112 Stunden, Selbststudium: 188 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweise / 10 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“





### 3.27. Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Im Industriepraktikum haben die Studierenden Erfahrungen zu Arbeitsverfahren, Arbeitsmitteln und Arbeitsprozessen gesammelt. Sie kennen organisatorische und soziale Verhältnisse der Praxis und haben ihre eigenen sozialen Kompetenzen trainiert. Sie können die Dauer von Arbeitsabläufen zeitlich abschätzen. Sie können die Komplexität von Arbeitsabläufen und die Stellung des Ingenieurs im Gesamtkontext einordnen. Durch die Exkursion haben die Studierenden einen Einblick in einen gesamten Verfahrensablauf erhalten und können die Größenordnung von Apparaten abschätzen. Durch den Seminarvortrag können die Studierenden Ergebnisse und Erkenntnisse einem Publikum präsentieren und diesbezügliche Fragen beantworten. Sie erhalten ein Feedback über die Art und Weise ihres Vortrages und dessen Verständlichkeit.
<b>Inhalt:</b> Das Industriepraktikum umfasst grundlegende Tätigkeiten und Kenntnisse zu Produktionstechnologien sowie Apparaten und Anlagen. Aus den nachfolgend genannten Gebieten sollen mindestens fünf im Praktikum in mehreren Abschnitten berücksichtigt werden. Das Praktikum kann in Betrieben stattfinden. <ul style="list-style-type: none"><li>- Energieerzeugung</li><li>- Behandlung von Feststoffen</li><li>- Behandlung von Fluiden</li><li>- Instandhaltung, Wartung und Reparatur</li><li>- Messen, Analysen, Prüfen, Qualitätskontrolle</li><li>- Entwicklung, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Prozessanalyse</li><li>- Montage und Inbetriebnahme</li><li>- Bioprozess-, Pharma- und Umwelttechnik</li><li>- Gestaltung von Produkten</li><li>- Fertigungsplanung, Arbeitsvorbereitung, Auftragsabwicklung</li><li>- Fachrichtungsbezogene praktische Tätigkeit nach Absprache mit dem Praktikantenamt</li></ul> Für die Erarbeitung der Präsentation im Rahmen des Seminarvortrages werden fachübergreifende Themen angeboten, die die Zusammenführung der theoretischen Kenntnisse aus den Grundlagenmodulen und dem Wissen aus den fachspezifischen Gebieten fordert. Der Seminarvortrag umfasst eine eigenständige und vertiefte schriftliche Auseinandersetzung mit einem Problem aus dem Arbeitszusammenhang des jeweiligen Moduls unter Einbeziehung und Auswertung einschlägiger Literatur. In einem mündlichen Vortrag (mindestens 15 Minuten) mit anschließender Diskussion soll die Arbeit dargestellt und ihre Ergebnisse vermittelt werden. Die Ausarbeitungen müssen schriftlich vorliegen.
<b>Lehrformen:</b> Industriepraktikum, Exkursion (Organisation: Fachschaft, aber auch eigenverantwortlich Firmenbesichtigungen möglich) , Seminarvortrag
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 450 Stunden, 15 CP



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Praktikumsbericht, Teilnahmebescheinigung, Seminarvortrag

**Modulverantwortlicher:**

Studiengangfachberater\*in



### 3.28. Bachelorarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Bachelorarbeit
<b>Ziel des Moduls (Kompetenzen):</b> Es soll der Nachweis erbracht werden, dass innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem unter Anleitung mit wissenschaftlichen Methoden bearbeitet werden kann. Bei erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden zudem in der Lage, selbst erarbeitete Problemlösungen strukturiert vorzutragen und zu verteidigen.
<b>Inhalt:</b> Themenstellungen zu aktuellen Forschungsvorhaben werden von den Professoren der am Studiengang beteiligten Fakultäten bekannt gegeben. Die Studierenden können sich ein Thema ihrer Neigung auswählen. Die Ausgabe des Themas ist im Prüfungsamt mit den Namen der Prüfenden aktenkundig zu machen. Im Kolloquium haben die Studierenden nachzuweisen, dass sie in der Lage sind, die Arbeitsergebnisse aus der wissenschaftlichen Bearbeitung eines Fachgebietes in einem Fachgespräch zu verteidigen. In dem Kolloquium sollen das Thema der Bachelorarbeit und die damit verbundenen Probleme und Erkenntnisse in einem Vortrag von max. 15 Minuten dargestellt und diesbezügliche Fragen beantwortet werden.
<b>Lehrform:</b> Problembearbeitung unter Anleitung mit Abschlussarbeit
<b>Voraussetzung für Teilnahme:</b> 150 CP
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 Monate
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Bachelorarbeit 12 CP, Kolloquium 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prüfungsausschussvorsitzender



## 4. Bachelorstudiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung, Wahlpflichtmodule

### 4.1. Allgemeine Elektrotechnik 1

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Allgemeine Elektrotechnik 1
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden werden durch das Modul in die Lage versetzt, Grundbegriffe der Elektrotechnik nachzuvollziehen und anzuwenden. Sie können grundlegende Zusammenhänge erkennen. Sie sind befähigt, einfache Berechnungen und elementare Versuche im Labor durchzuführen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundbegriffe</li><li>• Stromkreise</li><li>• Wechselgrößen</li><li>• Felder - elektrisches Feld, magnetisches Feld</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (V), Übung (Ü), einschließlich Laborübung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik, Physik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweis im Wintersemester zur Zulassung zum Praktikum im Sommersemester Praktikumsschein / K 60 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Lindemann, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> Aktuelle Literatur zu diesem Modul ist im E-Learning-Portal moodle <a href="http://moodle.ovgu.de/m19/course/">http://moodle.ovgu.de/m19/course/</a> angegeben.



## 4.2. Allgemeine Elektrotechnik 2

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Allgemeine Elektrotechnik 2
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Dieses Modul soll die Studierenden in die Lage versetzen, die grundlegende Wirkungsweise und das Verhalten von elektrischen Maschinen und elektronischen Schaltungen nachzuvollziehen. Sie sollen somit die wichtigsten Einsatzmöglichkeiten der Elektrotechnik erkennen. Sie sind befähigt, einfache Berechnungen und elementare Versuche im Labor durchzuführen
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elektrische Maschinen</li><li>• Grundlagen der Elektronik</li><li>• Analog- und Digitalschaltungen</li><li>• Leistungselektronik</li><li>• Messung elektrischer Größen</li><li>• Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (V), Übung (Ü), einschließlich rechnerischer Praktika
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik, Physik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweis im Wintersemester zur Zulassung zum Praktikum im Sommersemester Praktikumsschein / K 60 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. R. Leidhold, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> Aktuelle Literatur zu diesem Modul ist im E-Learning-Portal moodle <a href="http://moodle.ovgu.de/m19/course/">http://moodle.ovgu.de/m19/course/</a> angegeben.



#### 4.3. Analysis and Design of Experiments

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Module:</b> Analysis and Design of Experiments
<b>Ziele des Moduls:</b> The students learn how to use statistical methods to evaluate experimental data, how to estimate parameters along with their confidence intervals for linear and nonlinear models using classical and modern regression techniques. They are able to use different methods to discriminate between possible process models and to design and evaluate classical experimental plans. Additionally, the students learn to use modern design of experiments for sampling design sites used in computer experiments or simulations. This allows the student to then perform various forms of analysis, such as system prediction, optimization, visualization, etc. for computationally based process models.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Basic concepts: variables, parameters, models, design of experiments</li><li>• Statistical foundations: probability, probability distributions, population, sample, estimators, confidence intervals</li><li>• Parameter estimation: linear and nonlinear regression, simultaneous multiple regression, Bayesian regression, Maximum-Likelihood method, goodness/lack of fit, individual and joint confidence regions</li><li>• Design of experiments: classical design methods for models of first and second order, factorial and blocked designs, modern methods for use with computational models</li><li>• Interactive use of Matlab for illustrative purposes on important examples</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 3 SWS, Lectures, tutorials and Matlab tutorials
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Bachelor in chemical engineering or related fields. Basic knowledge of statistics and maths.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Regular Study: 42 h, Private Study: 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Written exam / 90 min / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> JP T. Zhou, MPI Magdeburg



#### 4.4. Apparatetechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Apparatetechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Ausgehend von den unterschiedlichen wesentlichen Prozessen in der Verfahrenstechnik besitzen die Studenten Basiskompetenzen für deren apparative Umsetzung. Sie haben ein Grundverständnis für die erforderlichen Apparate sowie deren Gestaltung von der Funktionserfüllung bis zur Apparatefestigkeit. Den Studenten sind die wesentlichen Grundlagen für die festigkeitsseitige Berechnung wichtiger Apparateteile bekannt. Sie können, ausgehend von den verfahrenstechnischen Erfordernissen, die verschiedenen Typen von Wärmeübertragungsapparaten, Stoffübertragungsapparaten, Apparaten für die mechanische Stofftrennung und –vereinigung sowie Pumpen und Ventilatoren in ihrer Wirkungsweise einschätzen und beherrschen vereinfachte Berechnungsansätze in Form von Kriterialequationen. Sie besitzen ein erstes Verständnis für den Betrieb derartiger Apparate und Anlagen. Sie haben durch eine Exkursion in einen Produktionsbetrieb (z. B. Zuckerfabrik) direkten Einblick in die Betriebsabläufe und die Funktionsweise von wichtigen Apparatetypen erhalten.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einführung, Aufgaben des Chemischen Apparatebaus, Überblick über wesentliche Grundlagen, Prinzipielle Methoden der Berechnung von Prozessen und zugehörigen Apparaten, Wichtige Gesichtspunkte für den Apparateentwurf</li><li>2. Gewährleistung der Apparatefestigkeit, Grundlagen, Beispiele für Festigkeitsberechnungen von zylindrischen Mänteln, ebenen und gewölbten Böden und anderen Apparateteilen</li><li>3. Wärmeübertragungsapparate, Berechnungsgrundlagen Bauarten von Wärmeübertragungsapparaten und wesentliche Leistungsdaten von Wärmeübertragern</li><li>4. Stoffübergangsapparate, Grundgesetze, Thermische Gleichgewichte zwischen verschiedenen Phasen, Blasendestillation, Mehrstufige Prozesse, Rektifikation, Konstruktive Stoffaustauschelemente, Hydraulischer Arbeitsbereich, Allgemeiner Berechnungsablauf für Kolonnenböden, Konstruktive Details von Kolonnen</li><li>5. Apparate für die Trocknung von Feststoffen, Berechnungsgrundlagen, Arten der Trocknung, Übersicht über technisch wichtige Trocknerbauformen</li><li>6. Apparate für die mechanische Trennung disperser Systeme, Apparative Gestaltung von Sedimentationsapparaten, Filtrationsapparate, Apparative Gestaltung von Zentrifugen, Dekantern</li><li>7. Rohrleitungen und Armaturen, Apparative Ausführung von Pumpen und Ventilatoren und deren Betriebsweise</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung (Im Rahmen der Übung wird ein Apparat berechnet und konstruktiv entworfen), Exkursion; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik, Physik, Strömungsmechanik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Konstruktiver Entwurf eines Apparates (Die positive Bewertung ist Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung) / K 90 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. U. Krause, FVST-IAUT

**Literaturhinweise:**

Eigenes Script in moodle zum Herunterladen; Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer-Verlag, 21. Auflage 2005; VDI-Wärmeatlas, VDI-Verlag, 10. Auflage 2006; Verfahrenstechnische Berechnungsmethoden, Teil 2: Thermisches Trennen, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart 1996; Apparate-Technik-Bau-Anwendung, Vulkan-Verlag Essen, 1997; Grundlagen der Rohrleitungs- und Apparatechnik, Vulkan-Verlag Essen, 2004; Berechnung metallischer Rohrleitungsbauteile nach EN 13480-3, Vogel-Buchverlag Würzburg, 2005





#### 4.5. Biochemie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Biochemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten haben Basiskompetenzen der Biochemie, wobei die Wechselwirkungen zwischen den Molekülen, deren Struktur und biochemischen Prinzipien im Mittelpunkt stehen, so dass kombinatorisches Denken geschult wird.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Von der Chemie zur Biochemie: Moleküle und Prinzipien</li><li>• Proteine: Aufbau und Funktion</li><li>• Enzyme und enzymatische Katalyse</li><li>• Struktur- und Motorproteine</li><li>• Zentrale Wege des katabolen und anabolen Stoffwechsels</li><li>• Atmung und Photosynthese</li><li>• Membranproteine und Rezeptoren</li><li>• Prinzipien der Bioenergetik und Membranbiochemie</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 92 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. W. Marwan, FNW
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Alberts: Molecular Biology of the Cell (englische oder deutsche Version)</li><li>• Nelson/Cox: Lehninger Biochemie</li><li>• Müller-Esterl: Biochemie</li></ul>



#### 4.6. Chemische Prozesse und Anlagen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Chemische Prozesse und Anlagen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Teilnehmer <ul style="list-style-type: none"><li>• lernen die Grundoperationen der chemischen Verfahrenstechnik kennen,</li><li>• erwerben Basiswissen über die wichtigsten Syntheseverfahren,,</li><li>• werden in die Lage versetzt, Grundfragen des Anlagenbaus und Betriebes anhand von Fließbildern, Stoff- und Energiebilanzen, Aufstellung, Organisation, Sicherheits- und Umweltfragen zu bearbeiten,</li><li>• lernen rechtliche Grundfragen des Anlagenbetriebs kennen und</li><li>• können die verfahrenstechnischen Eckdaten für Chemieanlagen berechnen.</li></ul>
<b>Inhalt</b> Grundlagen zum Ablauf und der Entscheidungsfindung bei der Planung und Projektierung verfahrenstechnischer Anlagen  Verfahrenstechnische Grundoperationen (Synthese, Polymerisation usw.)  Wichtige Syntheseverfahren (Haber-Bosch-Verfahren, Fischer-Tropsch-Verfahren, Polymerisation ...)  Fließbilder (Grund-, Prozess-, R&I-, Stoffmengen- und Energiefließbild)  Symbole für Apparate und Instrumentierung  Stoff- und Wärmebilanzen  Ausrüstung, Rohrleitungen und Armaturen  Aspekte von Sicherheit und Genehmigung  Einführung in die funktionale Sicherheit  Verdeutlichung der Inhalte anhand ausgewählter Beispiele verfahrenstechnischer Anlagen mit besonderer industrieller oder sicherheitstechnischer Bedeutung
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung 2 SWS, Übung 1 SWS
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> ingenieurtechnische Grundkenntnisse
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden Selbststudium: 84 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / K120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. D. Gabel



#### 4.7. Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Funktionale Materialien für die Energiespeicherung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können die Einflussfaktoren und wichtigsten Techniken der heutigen Energieversorgung für Deutschland sowie weltweit benennen und analysieren. Sie können die Notwendigkeit für die Entwicklung und den verstärkten Einsatz von Energiespeichern begründen. Die Studierenden sind in der Lage, die unterschiedlichen Prinzipien zur Speicherung thermischer, elektrischer, chemischer und mechanischer Energie zu beschreiben und die möglichen Verfahren bezüglich der materialspezifischen Anforderungen zu werten. Besonderes Augenmerk wird dabei auch auf aktuelle Entwicklungen in der Forschung gelegt.
<b>Inhalt</b> <b>1. Thermische Energie</b> Temperaturbereiche der Energiespeicherung und Temperaturhub zw. Wärmequelle und -bedarf sensible, latente, Adsorptions- und Absorptionswärme; Grundlagen Unterschied Kurzzeit-, Langzeit- u. Saisonalspeicher Materialien: feste Systeme, flüssige Systeme Spezifische Anwendungen <b>2. Elektrische Energie</b> Akkumulatoren und Batterien: Übersicht, Arten, Einsatzgebiete gravimetrische und volumetrische Speicherdichte Standardpotentiale, Abhängigkeit von Temperatur des Systems und Konzentration der Reaktanden Nernst-Gleichung für die einzelnen Systeme Lade-/Entladekinetik; thermische Belastung; Auslegung Bilder existierender Anlagen Supercaps: Funktionsweise <b>3. Chemische Energie</b> Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung Adam- und Eva-Prozess <b>4. Druckluft</b> Speicherorte und Potentiale Funktionsweise <b>5. Schwungräder</b> Langsame, schnelle, Potentiale, Wirkprinzip <b>6. Sonstiges</b> z.B. Pumpspeicherwerke
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, (2 VL, 1 Ü), Selbststudium 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST



**Literaturhinweise:**

Energy Storage, R. A. Huggins (Springer Verlag), Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Volker Quaschnig (Carl Hanser Verlag), Foliensatz zum Download



#### 4.8. Konstruktionselemente II und Apparatetelemente als Blockveranstaltung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Konstruktionselemente II und Apparatetelemente als Blockveranstaltung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Verstehen der Funktionsweise von wichtigen Konstruktionselementen</li><li>○ Erlernen/Ausprägung von Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Dimensionierung von Konstruktionselementen</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Grundlagen der Dimensionierung</li><li>○ Aufgaben, Funktion und Dimensionierung von Verbindungselementen, Welle-Nabe-Verbindungen, Federn, Achsen und Wellen, Wälzlagern, Gleitlagern, Dichtungen, Kupplungen und Bremsen, Zahnrädern und Zahnradgetrieben und Zugmittelgetrieben</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Übung, Hinweise zur Blockveranstaltung Apparatetelemente im UnivIS beachten
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Konstruktionselemente I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen / Testat / K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> apl. Prof. Dr. D. Bartel, FMB



#### 4.9. Methoden und Kompetenzseminar Chemie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Methoden- und Kompetenzseminar Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden kennen die methodisch-systematische Vorgehensweise beim wissenschaftlichen Arbeiten. Sie sind in der Lage, Ergebnisse wissenschaftlicher Experimente in angemessener Weise schriftlich darzulegen und diese im Rahmen von Vorträgen zu präsentieren. Darüber hinaus wissen die Studierenden, wie sie effizient Literaturrecherchen durchführen können und sie sind in der Lage, mit in der Chemie gängiger Software umzugehen. Schließlich können sie selbständig auch komplexere Fragestellung bei der Strukturaufklärung von Molekülen anhand von NMR- und IR-Spektren lösen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Methodisch-systematische Vorgehensweise beim wissenschaftlichen Arbeiten</li><li>• Formale Rahmenbedingungen bei der Anfertigung von Abschlussarbeiten durch die Studien- und Prüfungsordnung</li><li>• Projektplanung (Themenwahl, Projektanalyse, Zeitmanagement, Grundlegendes zur Literaturrecherche, Evaluierung von Internetquellen)</li><li>• Durchführung von Experimenten (Versuchsplanung, Dokumentation, Ergebnisbewertung und experimentelle Fehler)</li><li>• Wissenschaftliches Schreiben (Aufbau der Arbeit, inhaltliche Gestaltung des Textes, formale Gestaltung der Arbeit, Zitieren von Literaturquellen, Plagiate)</li><li>• Wissenschaftliches Vortragen (Rahmenbedingungen, Aufbau des Vortrags, formale Gestaltung der Präsentation, Vortragstechniken, Vorbereitung auf die Diskussion)</li><li>• Fachspezifische Methoden der Literaturrecherche an der Universitätsbibliothek</li><li>• Literaturverwaltung mit Citavi</li><li>• Visualisierung von Molekül- und Kristallstrukturen mit ChemDraw und Diamond</li><li>• Graphische Darstellung von Messdaten mit Origin</li><li>• Auswertung komplexer IR- und NMR-Spektren</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS (2 V, 1 Ü) Präsenzzeit: 56 Stunden; Lösen von Übungsaufgaben, Vortragsvorbereitung: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> unbenotete Leistungsnachweise / die Gesamtnote ergibt sich aus der Bewertung eines Vortrags der Teilnehmer (50%) sowie aus einer Klausur zu den spektroskopischen Methoden (50%) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. M. Schwidder, FVST <b>Weitere Lehrende:</b> Dr. L. Hilfert, P. Leisering, Dr. P. Liebing, FVST



**Literaturhinweise:**

Die Technik wissenschaftlichen Arbeitens – Eine praktische Anleitung; N. Franck, J. Stary; utb  
Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie; S. Blienz, L. Bigler, T. Fox, H. Meier; Thieme



#### 4.10. Präparationsprinzipien poröser Materialien

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Präparationsprinzipien poröser Materialien
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können poröse Materialien anhand ihrer strukturellen, chemischen und Applikationseigenschaften unterscheiden. Sie kennen verschiedene Herstellungsprinzipien und können diese bezüglich ihrer Vor- und Nachteile bewerten, sowie für bestimmte Zielstrukturen eine adäquate Technik auswählen. Die Studierenden kennen für ausgewählte technische Anwendungen (Katalyse, Stofftrennung, Ionenaustausch etc.) die gegenwärtig eingesetzten Materialien und deren prinzipielle Herstellung. Sie können zur Verfügung stehende allgemeine und spezielle Charakterisierungsmethoden (XRD, Porosimetrie, Adsorptionsverfahren, bildgebende Verfahren) hinsichtlich ihrer Aussagekraft einschätzen, auswählen und kombinieren. Besonderes Augenmerk liegt auf aktuellen Entwicklungen in der Forschung.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Anorganisch-Technische Synthesepinzipien und Präparationsmethoden poröser Materialien</li><li>• Synthesestrategien und Verfahrensaspkte bei der Herstellung zeolithischer Materialien</li><li>• Beschreibung von hydrothermalen Silikatkristallisationsprozessen</li><li>• Kristallisationstechniken und –verfahren</li><li>• Charakterisierungsmöglichkeiten poröser Produkte</li><li>• Herstellungsverfahren amorpher Kieselgele und poröser Gläser</li><li>• Klassische Al-reiche Zeolithe und hochsilikatische Produkte</li><li>• Aluminiumphosphate – Neue Materialien mit interessanten Porengeometrien und Applikationen</li><li>• Mesoporöse Materialien – Produkte mit Porengrößen in neuen Bereichen</li><li>• Metall-organische Gerüstverbindungen (MOF)</li><li>• Spezialitäten – Maßgeschneiderte Eigenschaften durch spezielle Kristallisationsverfahren</li><li>• Schichtsilikate als Basissystem für 3D-vernetzte Materialien</li><li>• Trägergestützte Kristallisation</li><li>• Postsyntheseverfahren zur Eigenschaftseinstellung</li><li>• Formgebung – Wichtiger Verfahrensschritt vor dem Einsatz</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Organische und Anorganische Chemie, geeignet ab 3. Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST Dr. Lieb





**Literaturhinweise:**

Handbook of Porous Solids, Eds. F. Schüth, K. Sing, J. Weitkamp, Wiley-VCH,  
Foliensatz zum Download



#### 4.11. Prinzipien der Wirkstoffforschung

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Prinzipien der Wirkstoffforschung

**Ziele und Kompetenzen:**

- Die Teilnehmer erkennen Target-Wirkstoff-Wechselwirkungen (z. B. Schlüssel-Schloss-Prinzip) und leiten daraus das weitere Vorgehen für die Wirkstoffsynthese ab.
- Die Studierenden können mit Hilfe des Bioisosterie-Konzepts und des Homologie-Prinzips ausgehend von vorgegebenen Leitstrukturen die Optimierung von Wirkstoffen bzgl. ihrer Wirkstärke durchführen.
- Sie sind in der Lage, durch Anwendung z. B. des Topliss-Schemas und dem Grimm'schen Hybrid-Verschiebungs-Satz und unter Berücksichtigung physiko-chemischer Parameter von Substituenten unter Zuhilfenahme von Regressionsanalysen die Eigenschaften von Wirkstoffen (z. B. Membranpermeabilität und Systemizität) zu beeinflussen.
- Die Studierenden können aufgrund der Kenntnisse metabolischer Abbauprozesse stabilisierende Substituentenmuster (z. B. Einführung von Fluor) in Wirkstoffen gezielt planen.
- Die Studierenden wissen, wie neue Wirkstoffe und chemische Verfahrensprozesse patentrechtlich geschützt werden können.

**Inhalt:**

- Definition von Wirkstoffen
- Wirkstoffe in Arznei- und Pflanzenschutzmitteln
- Wirkstoffe im Alltag
- Gliederung der Pflanzenschutzwirkstoffe nach Indikationen
- Geschichtliche Entwicklung der Pharma- und Pflanzenschutzforschung
- Schlüssel-Schloss-Prinzip
- Toxizität von Wirkstoffen (Naturstoffe vs. synthetische Produkte)
- Patente/Geistiges Eigentum
- Resistenz
- Pflanzenzüchtung vs. Pflanzenbiotechnologie
- Safener Technologie
- Systemizität (Xylem- und Phloemmobilität)
- Saatgutbehandlung
- Pheromon-basierte Pflanzenschutzmittel
- Synergismus
- Pharmakodynamik vs. Pharmakokinetik
- Agrokinetik
- ADME
- Lipinsky Regel
- Briggs Regel
- Einfluss physiko-chemischer Parameter (e. g. Log P,  $\Delta$ Log P, log K<sub>oc</sub>, log k<sub>ow</sub>, Hydrolyse, pK<sub>a</sub>, Wasserlöslichkeit) auf die Aktivität und Verteilung von Wirkstoffen
- Pflanzen als komplexe Systeme
- Dosis-Wirkungs-Beziehung, Therapeutische Breite
- Agonisten und Antagonisten
- Intrinsische Aktivität vs. Affinität
- Toxikologie
- Bienenschutzverordnung
- Quellen für Ideen zur Auffindung neuer Wirkstoffe
- Neue Wirkstoffe nach dem Zufallsprinzip



- Patente als Ideenquelle : Me-Too-Forschung
- Wirkstoffe nach dem Vorbild der Natur, Traditionelle Chinesische Medizin
- Kombinatorische Chemie
- Ultra High Throughput Screening (UHTVS, UHTBS)
- Gene Expression Profiling
- Virtuelles Target-basiertes Screening
- Rational Design
- Wirkstoff-Target-Wechselwirkungen (kovalente und nicht kovalente Wechselwirkungen)
- Wirkstoff-Protein-Komplexe
- Substituenteneffekte auf die Toxophorbinding
- Aminosäuren (Fischer-Projektion, CIP-Regel)
- Enzyme vs. Rezeptoren
- Strategien für die gezielte Optimierung von Leitstrukturen
- Fragment-basierte Optimierung
- Aufbau einer Bindestelle
- Bioisosteriekonzept
- Grimm'scher Hybridverschiebungssatz
- Pseudohalogene
- Homologie-Prinzip (Variation homologer Reihen, Vinylogie, Benzologie)
- Ringtransformationen (konjunktive und dissoziative Ansätze)
- Rigidisierung
- Optische Isomerie in Arzneimitteln, Chiralität
- Pfeiffer'sche Regel
- Chirale Pflanzenschutzmittel
- Twin Drugs und Dual Acting Drugs
- Symmetrie in der Natur
- Anwendungsregeln für die Wirkstoffoptimierung
- Wahl der richtigen Substituenten
- Hammett Konstante
- Hansch-Fujita-Konstante
- Taft-Faktor
- Molare Refraktivität
- Hansch Analyse
- Regressions-Analyse
- Topliss-Variationen
- Einflüsse von Alkyl- und ungesättigten Gruppen bzw. sauerstoff- und schwefelhaltigen Substituenten
- Einflüsse von sauren und basischen Substituenten
- Einflüsse von Halogenen in der Wirkstoffforschung
- Fluor : Ein wichtiges Element für das Wirkstoffdesign
- Beispiele für die Strategie zur Wirkstoffoptimierung
- Der SOSA Approach
- Metabolismus : Phase I- und Phase II-Reaktionen
- Radioaktiv-markierte Synthesen
- Das Prodrug Prinzip
- Formulierungsforschung
- Verfahrenswegeforschung und Prozessentwicklung

**Lehrformen:**

Vorlesungen, Exkursion; (WS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundkenntnisse der organischen Chemie



**Arbeitsaufwand:**

2,5 SWS

Präsenzzeiten: 35 Stunden; Selbststudium: 62 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Teilnahmebestätigung und/oder mündliche Prüfung (auf Wunsch) / 4 CP (Die CPs werden nur bei Ablegen der Prüfung vergeben)

**Modulverantwortlicher:**

Hon.-Prof. Ernst R. F. Gesing, FVST

**Literaturhinweise:**

- G. L. Patrick, *An Introduction to Medicinal Chemistry*, Oxford University Press (2005); C. G. Wermuth, *The Practice of Medicinal Chemistry*, Academic Press (2008); G. Klebe,
- *Wirkstoffdesign*, Spektrum (2009) und Primärliteraturangaben im *Skript* angegeben.



#### 4.12. Prozessdynamik I

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Prozessdynamik I
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind befähigt, das dynamische Verhalten von örtlich konzentrierten Prozessen der Verfahrenstechnik, der Energietechnik und der Biosystemtechnik mittels mathematischer Modelle zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind in der Lage, diese Modelle für vorgegebene Prozesse konsistent aufzustellen, geeignete numerische Lösungsverfahren auszuwählen und darauf aufbauend stationäre und dynamische Simulationen durchzuführen. Sie können qualitative Aussagen über die Stabilität autonomer Systeme treffen und sind befähigt, das dynamische Antwortverhalten technischer Prozesse für bestimmte Eingangssignale quantitativ vorherzusagen. Ausgehend von den erzielten Analyseergebnissen sind die Studierenden in der Lage, die Wirkung von Struktur- und Parametervariationen auf die Dynamik der untersuchten Prozesse korrekt einzuschätzen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Motivation und Anwendungsbeispiele</li><li>• Bilanzgleichungen für Masse und Energie</li><li>• Thermodynamische und kinetische Gleichungen</li><li>• Allgemeine Form dynamischer Modelle</li><li>• Numerische Simulation dynamischer Systeme</li><li>• Linearisierung nichtlinearer Modelle</li><li>• Stabilität autonomer Systeme</li><li>• Laplace-Transformation</li><li>• Übertragungsverhalten von „Single Input Single Output“ (SISO) Systemen</li><li>• Übertragungsverhalten von „Multiple Input Multiple Output“ (MIMO) Systemen</li><li>• Übertragungsverhalten von Totzeitgliedern</li><li>• Analyse von Blockschaltbildern</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Simulationstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K120 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Voigt, FVST



**Literaturhinweise:**

- [1] B.W. Bequette, *Process Dynamics*, Prentice Hall, New Jersey, 1998.
- [2] D.E. Seborg, T.F. Edgar, D.A. Mellichamp, *Process Dynamics and Control*, John Wiley & Sons, New York, 1989.
- [3] B.A. Ogunnaike, W.H. Ray, *Process Dynamics, Modeling and Control*, Oxford University Press, New York, 1994.



#### 4.13. Regelungstechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Regelungstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden erwerben einen ersten Einblick in die Analyse und Synthese kontinuierlicher Regelungssysteme. Über die mathematische Beschreibung durch Differentialgleichungen werden sie befähigt, zunächst die wesentlichen Eigenschaften linearer zeitinvarianter Systeme im Zeitbereich und anschließend im Frequenzbereich zu untersuchen. Die erreichte Zielkompetenz besteht darin, diese Methoden erfolgreich zur Analyse und dem Entwurf von Regelsystemen einzusetzen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einführung: Ziele und Wege der Regelungstechnik</li><li>2. Mathematische Modellierung dynamischer Systeme</li><li>3. Verhalten linearer zeitinvarianter Systeme</li><li>4. Beschreibung im Frequenzbereich</li><li>5. Laplace-Transformation und Übertragungsfunktion</li><li>6. Regelverfahren</li><li>7. Analyse und Entwurf von Regelkreisen</li></ol>
<b>Lehrform:</b> Vorlesung, Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I-II
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Kienle, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> <u>Regelungstechnik</u> [1 ] Unbehauen, H.: Regelungstechnik I - Klassische Verfahren zur Analyse und Synthese linearer kontinuierlicher Regelsysteme. Vieweg-Verlag, Braunschweig/ Wiesbaden, 2002 (12. Auflage). [2 ] Lunze, J.: Regelungstechnik I - Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifer Regelungen, Springer-Verlag, Berlin, 2001 (3. Auflage). [3 ] Dorf, R.C.; Bishop R.H.: Moderne Regelsysteme, Pearson, München, 2006 (German edition). [4 ] Föllinger, O.: Regelungstechnik. Einführung in die Methoden und ihre Anwendungen. Hüthig-Verlag, Heidelberg, 1994 (8. Auflage)  <u>Systemtheoretische Grundlagen</u> [5 ] Unbehauen, R.: Systemtheorie 1 - Allgemeine Grundlagen, Signale und lineare Systeme im Zeit- und Frequenzbereich. Oldenbourg-Verlag München, 2002 (8. Auflage).



- [6 ] Girod, B.; Rabenstein, R.; Stenger, A.: Einführung in die Systemtheorie. Signale und Systeme in der Elektrotechnik und Informationstechnik. Teubner-Verlag, Stuttgart, 2005 (3. Auflage).
- [7 ] Föllinger, O.: Laplace-, Fourier- und z-Transformation. Hüthig-Verlag, Heidelberg, 2000 (7. Auflage).





## 5. Masterstudiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung, Pflichtmodule

### 5.1. Chemisches Vertiefungspraktikum

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Chemisches Vertiefungspraktikum
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Am Ende des Praktikums können die Studierenden weitgehend selbständig auch schwierige wissenschaftliche Forschungsaufgaben im Labor bearbeiten. Hierfür werden sie im Rahmen des Praktikums in <b>einem</b> chemischen Vertiefungsfach (Anorganische, Organische, Physikalische <b>oder</b> Technische Chemie) mit gängigen Arbeitspraxen auf dem Forschungsniveau vertraut gemacht. Im Rahmen dessen festigen sie auch den Umgang mit experimentellen Aufbauten bzw. Arbeitstechniken weiter und setzen theoretisch erworbenes Wissen in die praktische Anwendung um.
<b>Inhalt</b> Im Rahmen des Praktikums werden in Absprache zwischen den Studierenden und dem jeweiligen Lehrstuhl kleine Forschungsaufgaben vergeben, die durchgeführt, ausgewertet, und entsprechend protokolliert werden müssen. Die Anfertigung eines Ergebnisprotokolls und die Präsentation der Ergebnisse (Referat, Poster, Kolloquium) nach dem Abschluss der Arbeiten sind integraler Bestandteil des Moduls.
<b>Lehrformen:</b> Praktikum semesterbegleitend oder Blockpraktikum, Präsentation/Kolloquium; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> abgeschlossener Bachelorstudiengang MSPG; erfüllte Auflagen bei Absolventen ähnlicher Bachelorstudiengänge;
<b>Arbeitsaufwand:</b> 6 SWS Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 96 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> LN (benotet) / Präsentation/Kolloquium / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST <b>weitere Lehrende:</b> PD Dr. E. Haak, Dr. A. Lieb, Dr. J. Vogt, Dr. V. Lorenz, Prof. H. Weiß, Prof. D. Schinzer,



**Literaturhinweise:**

- P. H. Plesch, „High vacuum techniques for chemical syntheses and measurements“ , Cambridge Univ. Press 1989, ISBN: 0-521-25756-5
- Herrmann, Wolfgang A.; Brauer, Georg „Synthetic methods of organometallic and inorganic chemistry“ , Thieme Verlag 1996 – 2002, Bände 1 – 10, 3-13-103021-6, 3-13-103031-3, 3-13-103041-0, 3-13-103051-8, 3-13-103061-5, 313-103071-2, 3-13-103081-X, 3-13-103091-7, 3-13-115141-2 und 3-13-115161-7.
- Weitere projektbezogene Originalliteratur wird zu Beginn des Praktikums ausgegeben.



## 5.2. Produktfunktionalisierung: Metallorganik und homogene Katalyse

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Produktfunktionalisierung: Metallorganik und homogene Katalyse
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Erwerb von Kenntnissen zu den Grundbegriffen und grundlegenden Theorien der Metallorganischen Chemie</li><li>• Erlangung von Basiswissen über die Natur der metallorganischen Verbindungen, von Eigenschaften wichtiger metallorganischer Verbindungsklassen und deren technische Anwendungen in der Homogenkatalyse</li><li>• Anwendung interdisziplinären Wissens aus anderen Bereichen der Chemie</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung metallorganische Verbindungen, Historische Entwicklung</li><li>• Allgemeine Darstellungsverfahren für metallorganische Verbindungen</li><li>• Metallorganische Verbindungen der Hauptgruppenelemente (Lithium, Magnesium, Aluminium, Gallium etc.)</li><li>• Übergangsmetall-Carbonyl- und Phosphan-Komplexe</li><li>• Übergangsmetall-Alken-Komplexe, Darstellung (auch technische), Struktur und Reaktionen</li><li>• Übergangsmetall-<math>\pi</math>-Komplexe, Bedeutung, Darstellung (auch technische), Struktur und Reaktionen (Liganden: Cyclopentadienyl, Cyclooctatetraenyl, Butadienyl) MO-Modell zur Bindung von Metall an Cp (Ferrocen)</li><li>• Homogenkatalyse mit metallorganischen Verbindungen:<ul style="list-style-type: none"><li>- Einführung in die Homogenkatalyse</li><li>- Hydrierungen (Olefine, Ketone/Aldehyde, CO)</li><li>- Isomerisierungen</li><li>- Oligomerisierungen (Ziegler, Reppe, Wilke)</li><li>- Polymerisationen (Olefine, Diene, ringöffnende Polymerisationen)</li><li>- HX-Addition an Olefine (Hydrocyanierung, Hydrosilylierung, Hydroaminierung)</li><li>- C-C-, C-N- und C-O-Kupplungen an Olefinen und Aromaten (Heck-Reaktion, Palladium-Katalyse, Olefin- und Alkin-Metathese)</li><li>- Oxidationsreaktionen (Wacker-Prozess, Epoxide, Oxidation von Aromaten, Aliphaten, Alkoholen)</li></ul></li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Begleitseminar; (SS); (1. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> abgeschlossene Lehrveranstaltungen im Bachelorstudiengang MSPG; erfüllte Auflagen bei Absolventen ähnlicher Bachelorstudiengänge;
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

M / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr. Kulak, FVST

**weiterer Lehrender:**

Dr. V. Lorenz



### 5.3. Produktfunktionalisierung: Wirkstoffe für die Pharmaindustrie

**Studiengang:**

Pflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Produktfunktionalisierung: Wirkstoffe für die Pharmaindustrie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden beherrschen die retrosynthetische Analyse komplexer chiraler Verbindungen (Wirkstoffe, Naturstoffe) unter Berücksichtigung des „chiral pools“. Sie sind zur Syntheseplanung unter Anwendung konvergenter Strategien, orthogonaler Schutzgruppentechnik und moderner Synthesemethoden (enantioselektive, katalytische, metallorganische und biomimetische Reaktionen) befähigt. Zudem können sie komplexe Reaktionsabläufe (Nachbargruppenbeteiligung, Tandemreaktionen und sequenzielle Prozesse) analysieren, planen und entwickeln. Die Studierenden kennen die Methodik der Syntheseoptimierung sowie die grundlegenden Prinzipien der Wirkstoffoptimierung.

**Inhalt:**

Die Vorlesung behandelt Grundlagen und Prinzipien der modernen organisch chemischen Wirkstoffsynthese und Naturstofftransformation sowie ausgewählte Totalsynthesen von Naturstoff- und Wirkstoffmolekülen. Der Schwerpunkt liegt auf der Anwendung moderner Synthesemethoden zum mehrstufigen Aufbau komplexer Moleküle. Die Vorlesung beinhaltet:

- Retrosynthetische Analyse unter Verwendung des „chiral pools“
- Enantioselektive Reaktionsführung
- Orthogonale Schutzgruppentechnik
- Metallorganische Reaktionen
- Enzym-, Organometall- und Organokatalyse
- Asymmetrische Katalyse
- Biomimetische Synthese
- Nachbargruppeneffekte
- Tandemreaktionen
- Sequenzielle Prozesse
- Planung komplexer Reaktionsabläufe durch Kombination organischer Elementarreaktionen
- Konvergente und lineare Totalsynthese komplexer Natur- bzw. Wirkstoffe
- Grundlegende Wirkmechanismen kleiner Moleküle an biologischen Systemen
- Wirkstoffoptimierung (Pharmakophore Gruppen, Toxizität, Bioverfügbarkeit)

**Lehrformen:**

Vorlesung, Seminar; (SS); (1. Semester)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

abgeschlossene Lehrveranstaltungen im Bachelorstudiengang MSPG; erfüllte Auflagen bei Absolventen ähnlicher Bachelorstudiengänge

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

PD Dr. E. Haak, FVST



**Literaturhinweise:**

- F. A. Carey, R. J. Sundberg, *Organische Chemie - Ein weiterführendes Lehrbuch*, Wiley-VCH, Weinheim
- K. C. Nicolaou, *Classics in Total Synthesis I-III*, Wiley-VCH, Weinheim
- Vorlesungsmaterial zu ausgewählten Totalsynthesen zum Download



#### 5.4. Produktfunktionalisierung: Moderne Materialien

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Produktfunktionalisierung: Moderne Materialien
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden haben grundlegende Kenntnisse zu wichtigen Materialklassen sowie deren prinzipiellen Struktur-Eigenschafts-Beziehungen. Sie können anhand ausgewählter Beispiele den Entwicklungsweg modernen Materialien mit technischer Relevanz nachzuzeichnen und zu bewerten. Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage durch fachübergreifende Anwendung der Kenntnisse aus dem natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereich Lösungsstrategien für innovative Material- und Produktentwicklungen zu erarbeiten.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Systematisierung von Materialklassen, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen,</li><li>• Prinzipielle Möglichkeiten der Eigenschaftsmodifizierung</li></ul> Ausgewählte Beispiele aus folgenden Materialklassen: <ul style="list-style-type: none"><li>• Metalle,</li><li>• Keramiken,</li><li>• Gläser,</li><li>• Polymere,</li><li>• Komposit- und Verbundmaterialien,</li><li>• poröse anorganische Stoffen,</li><li>• organisch-anorganische Hybridmaterialien,</li><li>• Biomaterialien,</li><li>• ferroische und magnetische Materialien,</li><li>• funktionale Beschichtungen,</li><li>• Oberflächen- und Volumenstrukturierung.</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminar; (WS); (2. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> abgeschlossene Lehrveranstaltungen im Bachelorstudiengang MSPG; erfüllte Auflagen bei Absolventen ähnlicher Bachelorstudiengänge;
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Synthesis of Inorganic Materials, U. Schubert, N. Hüsing (Wiley-VCH), Materials Science and Engineering: An Introduction, W.D. Callister (Wiley-VCH), Foliensatz zum Download



## 5.5. Produktcharakterisierung: Struktur-Eigenschafts-Beziehungen

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Produktcharakterisierung: Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Ziel des Moduls ist es, die im Modul "Produktcharakterisierung / Moderne Analysemethoden" des Bachelorstudiums behandelten Methoden insbesondere theoretisch weiter zu vertiefen. So forschen die Studierenden selbständig unter Anwendung der behandelten Methoden und sind nicht nur Ausführende. Die Studierenden können über die Routineanalytik hinaus im F&E-Bereich eigenständig auch schwierigste Messprobleme angehen, bzw. über identifizierte Strukturen Eigenschaftsaussagen ableiten.
<b>Inhalt</b> Die Vorlesung vertieft die zum Verständnis der einzelnen Methoden erforderlichen Kenntnisse und stellt die Zusammenhänge zwischen Strukturmerkmalen und Stoff- bzw. Materialeigenschaften immer in den Focus der Betrachtungen. Insbesondere angesprochen werden: <ul style="list-style-type: none"><li>• Methoden der Oberflächenanalytik – Chemie und Physik fester Oberflächen</li><li>• Massenspektrometrie - Vertiefung Ionisierungstechniken, Fragmentierungsmechanismen, exakte Massenbestimmung</li><li>• Kernmagnetische Resonanzspektroskopie – theoretischer Hintergrund komplexer Impulsfolgen sowie höherer Spinsysteme</li><li>• Röntgen-Strukturanalyse – Grundbegriffe der Kristallographie, Röntgenbeugung an Atomen und Kristallen</li><li>• Röntgenpulverdiffraktometrie: Symmetriehre; Beugung: direktes und reziprokes Gitter (Ewald-Konstruktion); Überblick: Strukturbestimmung aus Pulverdaten; strukturbedingte Eigenschaften bei Festkörper-Materialien (z. B. anisotrope Leitfähigkeit, optische Eigenschaften, Phasenumwandlungen)</li><li>• Neue Entwicklungen im Bereich der Analytik</li></ul> Vor der zu absolvierenden mündlichen Prüfung werden den Studenten Prüfungskommissionen (zwei Prüfer) vorgeschlagen, die im Sinne einer inhaltlichen Schwerpunktsetzung zusammengestellt sind. Der Prüfling entscheidet sich für eine Prüfungskommission. Der Besuch des WPF „Blockseminar – Strukturaufklärung“ wird empfohlen!
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; (WS); (2. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Für Absolventen des Bachelorstudiengangs "Molekulare und Strukturelle Produktgestaltung": Erfolgreiche Teilnahme an der Lehrveranstaltung "Produktcharakterisierung / Moderne Analysemethoden"; für Bachelorabsolventen anderer Studiengänge: Einzelfallprüfungen, Teilnahme ggf. unter Auflagen
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. H. Weiß, FVST





**weitere Lehrende:**

Dr. S. Busse, Dr. L. Hilfert, Dr. A. Lieb

**Literaturhinweise:**

- Interpretation von Massenspektren; Mc Lafferty, Turecek; Spektrum
- Ein- und Zweidimensionale NMR-Spektroskopie, VCH, H. Fribolin
- Understanding NMR Spectroscopy, Wiley, J. Keeler



## 5.6. Nichttechnische Fächer

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtfächer Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Nichttechnische Fächer
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“
<b>Inhalt</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweise / 5 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“



## 5.7. Masterarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Masterarbeit
<b>Ziel des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem selbständig mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten. Sie haben die Fähigkeit, mögliche Lösungsansätze zu analysieren und kritisch zu bewerten. Sie können ihre Arbeit im Kontext der aktuellen Forschung einordnen.
<b>Inhalt:</b> Themenstellungen zu aktuellen Forschungsvorhaben werden von den Professoren der Fakultät bekannt gegeben. Die Studierenden können sich ein Thema ihrer Neigung auswählen. Die Ausgabe des Themas ist im Prüfungsamt mit den Namen der Prüfer aktenkundig zu machen. Im Kolloquium haben die Studierenden nachzuweisen, dass sie in der Lage sind, Arbeitsergebnisse aus der selbständigen wissenschaftlichen Bearbeitung in einem Fachgespräch zu verteidigen. Dazu müssen die Ergebnisse in einem Vortrag von max. 15 Minuten dargestellt und diesbezügliche Fragen beantwortet werden.
<b>Lehrformen:</b> Selbständige Problembearbeitung mit Abschlussarbeit
<b>Voraussetzung für Teilnahme:</b> 30 CP
<b>Arbeitsaufwand:</b> 20 Wochen
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Masterarbeit mit Kolloquium 30 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Prüfungsausschussvorsitzender



## 6. Masterstudiengang Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung, Wahlpflichtfächer

### 6.1. Adsorption und heterogene Katalyse

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Adsorption und heterogene Katalyse
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• sind in der Lage die wichtigsten Adsorbentien, hinsichtlich ihrer Eigenschaften in ihren Grundzügen zu charakterisieren</li><li>• können Adsorptionsgleichgewichte von Einzelstoffen und Gemischen mathematisch und experimentell quantifizieren.</li><li>• haben ein Grundverständnis zur Durchführung von Adsorptionsprozessen in technischen Apparaten zur Stofftrennung, z.B. für die Auslegung von Festbettadsorbentien</li><li>• können effektive Reaktionsgeschwindigkeiten katalytisch wirkender Feststoffe unter Berücksichtigung des Adsorptionsverhaltens identifizieren</li><li>• sind mit verschiedenen modernen instationären (Reaktor-)Betriebsweisen vertraut</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Adsorptionsprozesse<ul style="list-style-type: none"><li>○ Adsorptionsgleichgewicht und Adsorptionskinetik</li><li>○ Stoffbilanzen und Adsorberauslegung</li><li>○ Beispiele zur technischen Anwendung</li></ul></li><li>• Heterogene Katalyse<ul style="list-style-type: none"><li>○ Kinetik</li><li>○ Wärme- und Stoffbilanzen</li><li>○ Berechnung von Festbettreaktoren</li><li>○ Instationäre Betriebsweisen</li></ul></li><li>• Industrielle Chromatographie<ul style="list-style-type: none"><li>○ Vorstellung verschiedener verfahrenstechnischer Konzepte</li><li>○ Beispiele aus der pharmazeutischen Industrie und Biotechnologie</li></ul></li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Chemie, Reaktionstechnik I, Thermodynamik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP



**Modulverantwortlicher:**

Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST

**Literaturhinweise:**

- Kast, Adsorption aus der Gasphase, VCH, Weinheim, 1988
- Ertl, Knöziger, Weitkamp, Handbook of Heterogeneous Catalysis, VCH, 2008



## 6.2. Bioinorganic Chemistry

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Bioinorganic Chemistry
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> - Acquire principles of Bioinorganic Chemistry - Knowledge in techniques to investigate structure and activity of metalloproteins - Knowledge in metal-dependent biological processes (homeostasis, photosynthesis, enzymatic catalysis) - Apply acquired knowledge on examples of different metalloenzymes
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Role of metals in biology, biomineralization</li><li>2. Methods to study metals in biological systems (e.g. Mössbauer spectroscopy)</li><li>3. Transport, storage and homeostasis of metal ions (e.g. Fe homeostasis)</li><li>4. Biological functions of V, Cr, Mo, W</li><li>5. Metals in the center of photosynthesis (Mg, Mn)</li><li>6. Heme proteins (O<sub>2</sub> transport, O<sub>2</sub> activation, electron transport)</li><li>7. Nonheme Fe proteins (e.g. nitrogenases)</li><li>8. Cobalamins (e.g. coenzyme B12-dependent enzymes)</li><li>9. Ni enzymes (e.g. urease)</li><li>10. Cu proteins (e.g. hemocyanin)</li><li>11. Zn enzymes (e.g. alcohol dehydrogenase)</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (Powerpoint-Präsentation); (Sommersemester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Teilnahme an der Grundvorlesung Anorganische / Allgemeine Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS (Präsenzzeit 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 3 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. Dr. N. Kulak, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> W. Kaim, B. Schwederski: Bioanorganische Chemie/Bioinorganic Chemistry (Teubner+Vieweg/Wiley)



### 6.3. Bioseparationen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Bioseparationen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden erkennen die Besonderheiten von Trennprozessen für biogene und bioaktive Stoffe. Sie sind in der Lage, Methoden zur Steigerung der Selektivität einzusetzen, kinetische Hemmungen zu identifizieren und Modellierungsmethoden kritisch zu nutzen. Auf dieser Basis können sie Trennprozesse einzeln auslegen sowie miteinander kombinieren, um Anforderungen hinsichtlich der Produktqualität, Prozesseffizienz und Wirtschaftlichkeit zu erfüllen.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einleitung: Besonderheiten von biogenen bzw. bioaktiven Stoffen, Anforderungen an entsprechende Trennprozesse</li><li>2. Extraktion: Gleichgewichte und deren Manipulation, Auslegung von Extraktionsprozessen</li><li>3. Adsorption und Chromatographie: Fluid-Fest-Gleichgewicht, Einfluss des Gleichgewichts auf die Funktion von Trennsäulen</li><li>4. Adsorption und Chromatographie: Physikalische Ursachen der Dispersion, Dispersionsmodelle und ihre Auflösung im Zeit bzw. Laplace-Raum, empirische Auslegungsmethoden</li><li>5. Fällung und Kristallisation: Flüssig-Fest-Gleichgewicht, Methoden zur Erzeugung von Übersättigung, Wachstum und Aggregation von Einzelpartikel und Populationen, diskontinuierliche und kontinuierliche Prozessführung</li><li>6. Trocknung: Grundlagen der Konvektions- und Kontakt-trocknung sowie der damit verbundenen thermischen Beanspruchung</li><li>7. Vakuumkontakt-trocknung, Gefriertrocknung</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Kharaghani, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Eigene Notizen zum Download; Garcia et al.: Bioseparation process science (Blackwell); Harrison et al.: Bioseparations science and engineering (Oxford University Press).



#### 6.4. Cell Culture Engineering

<b>Course:</b> Selective module for the master course Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Module:</b> Cell Culture Engineering
<b>Objectives:</b> Students participating in this course are getting an in depth insight into cell culture engineering with a focus on cultivation techniques for animal and human cells. They will learn relevant methods, background information on cell lines, media, assays, cultivation methods, mathematical models and regulatory requirements. Lectures are complemented with a practical training which enables students to grow mammalian cell lines, perform routine and advanced assays and perform validations for equipment and assays. Results obtained will be summarized in a report and presented in a seminar.
<b>Contents: Lecture</b> Cell lines Cell line derivation, Specific cell types, Cell banks, Culture collections Cultivation Culture environment, Solid substrates, Liquid substrates, Gas phase Cell culture systems, Physical process parameters Cell growth, metabolism and product formation Overview, Biochemistry of the cell Mathematical modeling Motivation, Unstructured models: An introduction to modeling Examples: Batch cultivation, Modeling cell growth and substrate consumption, Virus dynamics Gas balances for a bioprocess, Soluble carbon dioxide balance for a bioprocess Manufacturing Processes Overview, Viral vaccine production, Recombinant proteins, Antibodies Regulatory Issues Overview, Good Manufacturing Practice (GMP), Validation and Qualification, Equipment qualification, Assay validation Laboratory course Growth of adherent and suspension cells, Assay validation, Equipment qualification (Bioreactor, Filters), Modeling
<b>Teaching:</b> Lecture and laboratory course; (summer semester)
<b>Prerequisites:</b> Study courses of B. sc.: Biochemical Engineering, Modeling of Bioprocesses
<b>Workload:</b> 4 SWS (56 h lectures + 64 h self-dependent studies)
<b>Examinations/Credits:</b> Oral examination, lab report / 4 CP
<b>Responsible module:</b> Prof. U. Reichl, FVST <b>Responsible lectures:</b> Prof. U. Reichl / PD Dr. Y. Genzel





**Literature:**

**Clynes, M.** (1998) Animal cell culture techniques, Springer Lab Manual

**Doyle, A. and Griffith, J.B.** (1998) Cell and tissue culture: laboratory procedures in Biotechnology, John Wiley & Sons

**Freshney, M.G.** (2002) Culture of animal cells, a manual of basic techniques, 3<sup>rd</sup> ed., John Wiley & Sons, New Jersey

**Gregersen, J.P.** (1994) Research and development of vaccines and pharmaceuticals from biotechnology, VCH, Weinheim

**Hägström, L.** (2000) Cell metabolism, animal. in Encyclopedia of cell technology, ed. Stier R. Wiley & Sons, New York: 392-411

**Masters, J.R.W.** (2000): Animal cell culture, Oxford University Press, 3<sup>rd</sup> ed.

**Salway, J.G.** (1999) Metabolism at a glance, Blackwell Science, 2<sup>nd</sup> ed., Oxford

**Shaw, A.J.** (1966) Epithelial cell culture, a practical approach, IRL Press



## 6.5. Chemie der f-Elemente: Lanthanoide und Actinoide

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Chemie der f-Elemente: Lanthanoide und Actinoide (Aussetzung bis auf Weiteres)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Erlernen der Grundbegriffe der f-Element-Chemie</li><li>• Basisverständnis der Besonderheiten der f-Element-Chemie</li><li>• Basiskompetenzen im Bereich der praktischen Anwendung von Lanthanoiden und ihrer Verbindungen</li><li>• Kenntnis der speziellen Arbeitstechniken im Bereich der f-Element-Chemie</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Besonderheiten der f-Element-Chemie</li><li>• Eigenschaften der Lanthanoide, Lanthanoidenkontraktion</li><li>• Historische Entwicklung (Trennung, Analytik)</li><li>• Einfache Lanthanoid-Verbindungen (Oxide, Halogenide etc.)</li><li>• Komplexverbindungen der Lanthanoide</li><li>• Metallorganische Chemie der Lanthanoide</li><li>• Anwendungen von Lanthanoidverbindungen (Magnetismus, Laser, Katalyse, Kontrastmittel, NMR-Shift-Reagenzien etc.)</li><li>• Lanthanoide in der homogenen und heterogenen Katalyse</li><li>• Lanthanoide in der organischen Synthese</li><li>• Grundlagen der Chemie der Actinoide</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Powerpoint-Präsentation; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Teilnahme an der Grundvorlesung Anorganische / Allgemeine Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. N. Kulak, Dr. V. Lorenz, FVST



## 6.6. Chemie der Signaltransduktion

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Chemie der Signaltransduktion
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können auf der Basis der molekularen Mechanismen die zelluläre Signaltransduktion verstehen und Vorgänge interpretieren.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zelluläre Signaltransduktion</li><li>• Hydrophile Signalmoleküle</li><li>• Hydrophobe Signalmoleküle: Steroide, Vitamine, Tyroxin</li><li>• Hormone</li><li>• Wachstumsfaktoren</li><li>• Kinasen</li><li>• Mediatoren</li><li>• Neurotransmitter</li><li>• Rezeptoren</li><li>• Störungen der Signaltransduktion</li><li>• Apoptose</li><li>• Tumorgenese</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Anorganische Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS 28 h Präsenzzeit; 62 h Selbststudium
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> mündl. Prüfung / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Schinzer, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Signal Transduction, B. D. Comperts, I. M. Kramer, P. E. R. Tatham, Elsevier Academic Press</li></ul>



## 6.7. Chemische Prozesskunde

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Chemische Prozesskunde
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• Haben ein Grundverständnis für ausgewählte großtechnische Prozesse der organischen bzw. anorganischen Chemie und der chemischen Verfahrenstechnik erworben</li><li>• sind in der Lage stoffliche und technische Aspekte ausgewählter chemischer Prozesse als Ganzes einzuordnen und auf andere Prozesse zu übertragen</li><li>• können die Verfahrensentwicklung, apparative Umsetzung und Wirtschaftlichkeit chemischer Prozesse einschätzen (Labor- vs. Industriemaßstab)</li><li>• haben einen sicheren Umgang bei der Gestaltung von Verfahren mit nachwachsenden Rohstoffen bzw. können diesbezüglich auftretende Problemstellungen analysieren und lösen</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Stoffliche und technische Aspekte der industriellen Chemie am Beispiel ausgewählter Verfahren und Produkte</li><li>• Charakterisierung chemischer Verfahren</li><li>• Verfahrensauswahl und Verfahrensentwicklung</li><li>• Probleme bei der Prozessentwicklung und beim Betrieb von Chemieanlagen</li><li>• Versorgung mit Rohstoffen und deren Aufarbeitung, organische Zwischenprodukte, organische Folgeprodukte, anorganische Grundstoffe, anorganische Massenprodukte, moderne anorganische Spezialprodukte</li><li>• Produktstammbäume und deren Querverbindung zu anderen Produktgruppen</li><li>• Energiebedarf, Umweltbelastungen, Anlagensicherheit</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare; (SS); (4. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Chemie, Physik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST <b>weitere Lehrende:</b> apl. Prof. H. Lorenz / Dr. K. Wagemann



**Literaturhinweise:**

- U. Onken, A. Behr, Chemische Prozesskunde, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1996
- Winnacker-Küchler. Hrsg. von Roland Dittmeyer, Chemische Technik: Prozesse und Produkte, Weinheim, Wiley-VCH, 2005
- W.R.A. Vauck, H.A. Müller, Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1994
- Moulijn, van Diepen, Chemical Process Technology, Wiley, 2001



## 6.8. Computational Fluid Dynamics

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Computational Fluid Dynamics
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Numerical flow simulation (usually called <i>Computational Fluid Dynamics</i> or CFD) is playing an essential role in many modern industrial projects. Knowing the basics of fluid dynamics is very important but insufficient to be able to learn CFD on its own. In fact the best way of learning CFD is by relying to a large extent on “learning by doing” on the PC. This is the purpose of this Module, in which theoretical aspects are combined with many hands-on and exercises on the PC. By doing this, students are able to use autonomously, efficiently and target-oriented CFD-programs in order to solve complex fluid dynamical problems. They also are able to analyse critically CFD-results.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction and organization. Historical development of CFD. Importance of CFD. Main methods (finite-differences, -volumes, -elements) for discretization.</li><li>• Vector and parallel computing. How to use supercomputers, optimal computing loop, validation procedure, Best Practice Guidelines.</li><li>• Linear systems of equations. Iterative solution methods. Examples and applications. Tridiagonal systems. Realization of a Matlab-Script for the solution of a simple flow in a cavity (Poisson equation), with Dirichlet-Neumann boundary conditions.</li><li>• Choice of convergence criteria and tests. Grid independency. Impact on the solution.</li><li>• Introduction to finite elements on the basis of COMSOL. Introduction to COMSOL and practical use based on a simple example.</li><li>• Carrying out CFD: CAD, grid generation and solution. Importance of gridding. Best Practice (ERCRAFT). Introduction to Gambit, production of CAD-data and grids. Grid quality.</li><li>• Physical models available in Fluent. Importance of these models for obtaining a good solution. Introduction to Fluent. Influence of grid and convergence criteria. First- and second-order discretization. Grid-dependency.</li><li>• Properties and computation of turbulent flows. Turbulence modeling. Computation of a turbulent flow behind a backward-facing step. Dispatching subjects for the final project.</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übungen und Computerpraktika; (SS/ WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Strömungsmechanik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> apl. Prof. Dr. G. Janiga, FVST



**Literaturhinweise:**

Ferziger and Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer



## 6.9. Digital Engineering of Process Engineering Applications

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und Strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Digital Engineering of Process Engineering Applications
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Das Ziel des Moduls ist die Entwicklung von Apps, welche in der digitalen Lehre angewendet werden sollen um verfahrenstechnische Prozesse zu visualisieren. Dieses Ziel soll durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Studierenden der FIN und der FVST erreicht werden. Den Studierenden der FIN kommt dabei mit der Programmierung der Apps ein größerer Arbeitsanteil zu, weshalb die Bewertung der Studierenden an den beiden Fakultäten nach unterschiedlichen Maßstäben erfolgt. Die Studierenden der FVST sollen das im Studium erworbene Wissen über verfahrenstechnische Prozesse anwenden, um die Entwicklung der Apps konzeptionell und inhaltlich zu unterstützen. Dabei kommt es darauf an, nicht nur theoretisches Wissen umzusetzen, sondern sich auch in technische Details, welche für die Visualisierung erforderlich sind, einzuarbeiten. Die FVST-Studierenden sollen alle, für die zu visualisierenden Prozesse notwendigen, physikalischen, chemischen als auch apparativen Informationen und Zusammenhänge bzw. Daten zusammentragen und derart aufbereiten, dass fachfremde Studierende der FIN daraus einen virtuellen Prozess erstellen können. Außerdem soll die Implementierung der Apps von den FVST-Studierenden begleitet und überwacht werden. Als Ergebnis der Zusammenarbeit sind die Apps zum Abschluss des Projektes zu evaluieren und zu präsentieren. Begleitend dazu soll eine Dokumentation der Implementierung in Form eines Projektberichtes sowie einer Power-Point-Präsentation erfolgen. Die besonderen Anforderungen in diesem Modul bestehen also zusammengefasst aus: <ul style="list-style-type: none"><li>- Anwendungsorientiertes Arbeiten,</li><li>- Interdisziplinäre Zusammenarbeit,</li><li>- Organisation der Arbeit im Team,</li><li>- Zielgerichtetes, zeitoptimiertes und -orientiertes Arbeiten,</li><li>- Zusammenfassung des Projektes in Form eines Berichtes,</li><li>- Präsentation der Ergebnisse,</li><li>- Evaluierung der eigenen Arbeit</li></ul>
<b>Inhalt</b> Die Inhalte können wie folgt aufgeschlüsselt werden: <ul style="list-style-type: none"><li>- Auswahl eines verfahrenstechnischen Prozesses,</li><li>- schriftliche Beschreibung des Prozesses und der interessierenden physikalischen, chemischen und technischen Zusammenhänge,</li><li>- Aufschlüsselung von Teilprozessen,</li><li>- Auswahl der Prozessparameter, Zusammentragung aller erforderlichen Informationen und Daten,</li><li>- Erstellung des App-Konzeptes (z.B. reine Visualisierung oder Implementierung von Prozessgleichungen),</li><li>- kontinuierliche Unterstützung bei der Implementierung der App,</li><li>- Dokumentation der Implementierung,</li><li>- Ergebnispräsentation,</li><li>- Evaluierung und Funktionsprüfung der App.</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Interdisziplinäre Gruppenarbeit von Studierenden der FIN und der FVST, zweiwöchentliche Meetings im Stil der agilen Softwareentwicklung mit Präsentation der abgeschlossenen Teilprojekte (in sprints), Abschlusskolloquium und Präsentation der Apps, Erstellen eines Berichtes. Das Lehrangebot erfolgt auf Deutsch und Englisch (bei Bedarf zweisprachig).
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagen der Verfahrenstechnik Die Teilnahme ist auf 6 Studierende pro Semester begrenzt.
<b>Arbeitsaufwand:</b>





3 SWS,

Präsenzzeit: 22 Stunden (auch per Zoom-Meetings realisierbar), Selbststudium: 110 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Präsentation der App, Bericht/ - / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr.-Ing. Nicole Vorhauer-Huget, FVST

Prof. Dr. rer. nat. Gunter Saake, Dr.-Ing. David Broneske, FIN



## 6.10. Dispersion of Hazardous Materials

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Module:</b> Dispersion of Hazardous Materials
<b>Objectives (competences):</b> Course participants deal with the problem of accidental releases of hazardous substances from industrial installations. They learn the principles of passive and jet dispersion in gas or particle phase and in relation to the atmospheric stability conditions. They are capable to apply mathematical tools to calculate concentration profiles for emitted substances in the x-y-z space and depending on time. They can assess the hazard for organism present in the radius of action of the release by comparing the calculated concentrations with relevant hazard threshold values.
<b>Content</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Emission and passive dispersion of neutral and heavy gases, atmospheric stability conditions,</li><li>• Gaussian distribution based dispersion models,</li><li>• Particle trajectories-based simulation models,</li><li>• Jet dispersion,</li><li>• Partitioning and fate of chemicals in the environment,</li><li>• Toxicity of substances, the Acute Exposure Guideline Level concept,</li><li>• Release of liquids and gases from leakages,</li><li>• Dispersion of radionuclides.</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lecture with tutorial/English
<b>Prerequisites:</b> -
<b>Workload:</b> 3 SWS, classroom = 42 hours and self-studies = 78 hours
<b>Examination/Credits:</b> Written exam / 4 CP
<b>Responsible Lecturer:</b> Dr. R. Zinke, FVST
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Steinbach: Safety Assessment for Chemical Processes</li><li>- Steen/Hattwig: Handbook of Explosion protection</li><li>- Eckhoff: Dust explosions in the Process Industries</li><li>- Mannan: Lee's Loss prevention in the Process Industries</li><li>- Stoessel: Thermal Safety of Chemical Processes</li><li>- UN Handbook for Transportation of Dangerous Goods ("Orange Book")</li><li>- TNO Coloured Books Series</li></ul>



## 6.11. Dynamik komplexer Strömungen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Dynamik komplexer Strömungen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind befähigt, die grundlegenden Mechanismen komplexer Strömungen in verfahrenstechnischen Apparaten zu verstehen, zu beurteilen und zu berechnen. Sie verfügen über vertiefte Kenntnisse im Bereich der Strömungsmechanik und der Strömungsdynamik und kennen spezifische Themen, die für die Verfahrenstechnik besonders wichtig sind. Das betrifft insbesondere solche Komplexitätsmerkmale (mehrere Phasen mit Wechselwirkung, komplexes Stoffverhalten, reaktive Prozesse, Dichteänderungen...), die für Verständnis, Auslegung und Optimierung praktischer verfahrenstechnischer Prozesse erforderlich sind. Da sie während der Lehrveranstaltung entsprechende Aufgaben gelöst haben, können die Studenten, in den entsprechenden Themenbereichen eigenständig Strömungen analysieren.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung, Wiederholung notwendiger Grundkenntnisse</li><li>• Kompressible Strömungen mit Reibungsverlusten und Wärmeaustausch</li><li>• Verdichtungsstöße und Verdünnungswellen</li><li>• Laminare und turbulente Grenzschichten</li><li>• Strömungen mit freier oder erzwungener Konvektion, reaktive Strömungen</li><li>• Strömungen komplexer Fluide, nicht-newtonsches Verhalten</li><li>• Turbulente Strömungen und deren Modellierung</li><li>• Mehrphasenströmungen<ul style="list-style-type: none"><li>○ Grundeigenschaften</li><li>○ Analyse disperser Systeme</li><li>○ Analyse dicht beladener Systeme</li></ul></li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Strömungsmechanik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium:78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Thévenin, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> siehe <a href="http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher.pdf">www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher.pdf</a>



## 6.12. Erzeugung von Nanopartikeln

### Studiengang:

Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

### Modul:

Erzeugung von Nanopartikeln

### Ziele des Moduls (Kompetenzen):

Die Studierenden

- kennen die besonderen Eigenschaften, Anwendungen und physikalischen Charakterisierungsmethoden von Nanopartikeln,
- verstehen und beherrschen die physikalischen und chemischen Grundlagen der Nanopartikelbildung und -stabilisierung,
- kennen die wichtigsten Prozesse zur Herstellung von Nanopartikeln, einschließlich der Herstellungsprozesse technischer Produkte,
- sind in der Lage, ausgewählte Nanopartikelsysteme im Laboratorium selbst herzustellen und deren Eigenschaften mit geeigneten physikalischen Charakterisierungsmethoden zu bestimmen.

### Inhalt

- **Einführung in die Nanotechnologie**, Definitionen Nanotechnologie und Nanopartikel, Nanopartikel als disperses System, Eigenschaften, Anwendungen, Charakterisierungsmethoden
- **Thermodynamik disperser Systeme**, Theorie der Keimbildung und des Partikelwachstums, homogene und heterogene Keimbildung, Modell von LaMer und Dinegar, Ostwald-Reifung, Agglomeration,
- **Elektrochemische Eigenschaften der Nanopartikel**, Oberflächenstrukturen, Elektrochemische Doppelschicht, Modelle (Helmholtz, Gouy-Chapman, Stern), elektrochemisches Potential, Zeta-Potential
- **Stabilisierung disperser Systeme**, Sterische, elektrostatische Stabilisierung, DLVO-Theorie, van-der-Waals-Anziehung, elektrostatische Abstoßung, kritische Koagulationskonzentration, Schulze-Hardy-Regel, pH-Wert, Elektrolytzusatz
- **Koagulationsprozesse**, Koagulationskinetik, schnelle und langsame Koagulation, Transportmodelle, Theorie von Smoluchowski, Wechselwirkungspotential, Stabilitätsfaktor, Redispersierungsprozesse, Strukturmodelle
- **Fällungsprozesse**, Grundlagen Fällungsgleichgewichte, Keimbildung, Wachstum, Reaktionsführung, Partikelbildungsmodelle, Apparate (CDJP, T-Mischer), Hydrothermalprozesse
- **Fällungsprozesse in kompartimentierten Systemen**, Bildung kompartimentierter Systeme, Tensid-Wasser-Systeme, Strukturbildung, Emulsionen (Mikro-, Mini- und Makroemulsionen), Phasenverhalten, Partikelbildung, kinetische Modelle
- **Sol-Gel-Prozesse**, Stöber-Prozess, Partikel aus Titan(IV)-oxid, chemische Reaktionen, Stabilisierung, Morphologie, pH-Wert, Elektrolytkonzentration, Strukturbildungsmodelle (RLCA, RLMC), Trocknung, Gelbildung und Alterung, Beschichtung, dünne Filme, Keramik
- **Aerosol-Prozesse**, Partikelbildung, Gas-Partikel- und Partikel-Partikel-Umwandlung, Morphologie, Flammenhydrolyse, Degussa-Prozess, Chlorprozess,
- **Bildung von Polymerpartikel (Latex-Partikel)**, Emulsionspolymerisation, Theorie von Fikentscher und Harkins, Suspensionspolymerisation, Latexpartikel
- **Nanopartikel und ihre Anwendung**, Technische Produkte, Silica, Titan(IV)-oxid, Ruß, Nanopartikel in Medizin und Pharmazie, funktionalisierte Nanopartikel, Diagnostik, Trägersysteme, magnetische Nanopartikel und Flüssigkeiten,
- **Charakterisierung der Nanopartikel - Partikelgrößenbestimmung**, Elektromikroskopische Methoden, TEM, REM, Lichtstreuung, Laserbeugung, Theorien (Rayleigh, Fraunhofer, Mie), Ultraschall- und ESA-Technik, Instrumente,
- **Charakterisierung der Nanopartikel - Zeta-Potentialbestimmung**, elektrokinetische Phänomene, Elektrophorese, Elektroosmose, Strömungs- und Sedimentationspotential,



elektrophoretische Mobilität, Zeta-Potential, Theorien von Smoluchowski, Hückel, Henry, Instrumente, PALS-Technik
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, praktische Übung (Nanopartikelsynthese); (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. W. Hintz, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tadao, Sugimoto: Monodispersed Particles, Elsevier, ISBN 978-0-444-546456</li><li>• Masuo Hosokawa: Nanoparticle Technology Handbook, Elsevier, ISBN 978-0-444-563361</li><li>• Manuskript mit Text, Bildern und Übungen, siehe <a href="http://www.ovgu.de/ivt/mvt">www.ovgu.de/ivt/mvt</a></li></ul>



### 6.13. Heterocyclen als Basis von Wirkstoffen: Synthesestrategien und Synthesen

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Heterocyclen als Basis von Wirkstoffen: Synthesestrategien und Synthesen

**Ziele des Moduls:**

- Die Studierenden kennen heterocyclische Natur- und Wirkstoffe und sind sich der Wichtigkeit dieser Verbindungen für Life Sciences bewusst.
- Sie kennen die Trivialnamen heterocyclischer Verbindungen und können nach der A- und der Hantzsch-Widmann-Patterson-Nomenklatur Heterocyclen benennen bzw. aus ihren Namen die Strukturen ableiten.
- Die Studierenden sind in der Lage, aus acyclischen Bausteinen aromatische Heterocyclen zu synthetisieren, wobei sie die erlernten prinzipiellen Synthesestrategien zur Anwendung bringen oder retrosynthetisch die Heterocyclen konzipieren. Sie kennen die Reaktivitätsunterschiede fünf- und sechsgliedriger Heterocyclen, die sie u. a. mit Hilfe der HMO-Methode ableiten können, und sind in der Lage, gezielt Substituenten an vorgegebenen Positionen von Heterocyclen einzuführen.

**Inhalt**

- Heterocyclen in der Natur, Life Science und Materialwissenschaften
- Nomenklatur (Substitutionsnomenklatur, Trivialnamen, Hantzsch-Widmann-Patterson)
- Heteroaromatizität : HMO-Theorie, Frost-Musulim-Diagramm, Heteroaromaten, Heteroantiaromaten, Bindungslängen von Heterocyclen, Resonanzenergie, REPE-Werte, PMO-Theorie, Löslichkeit, Basizität, Tautomerie und Dipolmomente heterocyclischer Systeme
- Reaktivitätsvergleich von 5- und 6-Ringheterocyclen
- Synthesestrategien für Heterocyclen : Bis-Elektrophil + Bis-Nucleophil, Cyclisierungen (Baldwin-Regeln), Cycloadditionen (Hetero-Diels-Alder-Reaktionen, [2+2]-Cycloadditionen, Chelotrope Reaktionen, 1,3-dipolare Cycloadditionen, Übergangsmetall-katalysierte Cyclisierungen)
- Heterocyclische Fünfringe mit einem Heteroatom (Furan, Pyrrol und Thiophen): Basizität, Reaktivität, Vorkommen in der Natur, Pyrrol-Synthesen (Paal-Knorr, Knorr, Hantzsch, Kenner, van Leu-sen, Barton-Zard, etc.), Thiophen-Synthesen (Paal-Knorr u. a.), Furan-Synthesen (Feist-Benary u. a.)
- Elektrophile Substitution an Pyrrol, Furan und Thiophen, Reaktivitätsunterschiede, Substituenteneinflüsse,
- Benzannelierte Fünfring-Heterocyclen mit einem Heteroatom, Vorkommen in der Natur, Indol-Synthesen (Fischer, Reissert, Leimgruber-Batcho, u. a.), Reaktionen am Indol
- Heterocyclische Fünfringe mit zwei Heteroatomen (1,2 und 1,3-Azole, Thiazol, Oxazol, etc.) : Synthesen, Reaktivität, Vorkommen in der Natur, etc.
- Sechsring-Heterocyclen mit 1-3 Stickstoffatomen (e. g. Pyridin, Pyrimidin, Triazin) : Reaktivitäten, Synthesen etc. wie bei Fünfring-Heterocyclen
- Ausgewählte Synthesebeispiele heterocyclischer Natur- und Wirkstoffe (Pharma und Pflanzenschutz)

**Lehrformen:**

Vorlesungen; (SoSe)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundkenntnisse der organischen Chemie



**Arbeitsaufwand:**

2,5 SWS

Präsenzzeiten: 35 Std.; Selbststudium: 50 Std.

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Teilnahmebestätigung und/oder mündliche Prüfung (auf Wunsch) / 3 CP (Die CPs werden nur bei Ablegen der Prüfung vergeben)

**Modulverantwortlicher:**

Hon.-Prof. Ernst R. F. Gesing, FVST

**Literaturhinweise:**

- T. Eicher, S. Hauptmann, *The Chemistry of Heterocycles*; Wiley-VCH, 2003
- J. A. Joule, K. Mills, *Heterocyclic Chemistry*, Blackwell Science, 2000.



## 6.14. Integrierte innovative Reaktorkonzepte

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Integrierte innovative Reaktorkonzepte

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden

- haben methodisch grundlagenorientierte Lösungskompetenz für Problemstellungen bei reaktiven Prozessen in der Verfahrenstechnik
- sind in der Lage die Wechselwirkungen zwischen Reaktionsführung, Produktselektivität und Aufarbeitung sowie Probleme der Wärmeab-/zufuhr im Reaktor zu analysieren, zu modellieren und zu bewerten
- können moderne integrierte Reaktorkonzepte, deren Apparative Umsetzung und Wirtschaftlichkeit einschätzen und sind in der Lage diese in die Praxis zu überführen

**Inhalt:****1. Einleitung & Repetitorium**

- Typische Reaktortypen & Reaktionsführungen (absatzweise, kontinuierlich, isotherm, adiab, polytherm)
- Unit-Operations der thermischen & mechanischen Verfahrenstechnik (Destillation, Rektifikation, Strippen, Absorption, Adsorption, Chromatographie, Kristallisation, Extraktion, Pervaporation, Membranverfahren, Ultrafiltration, Mahlung, Extrusion)

**2. Innovative Reaktorkonzepte (allgemeine Konzepte)**

- Konzept und Klassifizierung der Multifunktionalität in chemischen Reaktoren
- In-Situ-Synergien zwischen Reaktionsführung und Unit-Operation
- Diffusiver, konvektiver Stofftransport; rekuperativer, regenerativer, konvektiver Wärmetransport; Wärmeleitung; homogene, heterogene Koppelreaktionen
- Darstellung bi- bzw. multifunktionaler Reaktionsführungen (Beschreibung, Voraussetzungen, Bewertung)
- Einsatzgebiete multifunktionaler Reaktoren

**3. Ausgewählte Beispiele innovativer Reaktorkonzepte aus Forschung & Technik - aktuelle Probleme**

- Reaktivdestillation
- Adsorptiver Reaktor (Anwendung, Potenzial, Modellierung, Grenzen)
- Reaktivchromatographie
- Membranreaktor
- Reverse-Flow-Reaktor
- Auslegung und Optimierung multifunktionaler Reaktoren Entwicklungsperspektiven

**Lehrformen:**

Vorlesung / Seminare; (WS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Reaktionstechnik I





**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Ch. Hamel, FVST

**Literaturhinweise:**

- U. Onken, A. Behr, Chemische Prozesskunde, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1996
- Winnacker-Küchler. Hrsg. von Roland Dittmeyer, Chemische Technik: Prozesse und Produkte, Weinheim, Wiley-VCH, 2005
- W.R.A. Vauck, H.A. Müller, Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1994
- Westerterp, van Swaaij, Beenackers, Chemical reactor design and operations, Wiley, 1984
- M. Baerns, H. Hofmann, A. Renken, Chemische Reaktionstechnik, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1999
- H. Schmidt-Traub, A. Górak, [Integrated reaction and separation operations](#) : [modelling](#) and [experimental validation](#), Springer Verlag Berlin, 2006



## 6.15. Mechanische Trennprozesse

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Mechanische Trennprozesse ( <b>Aussetzung bis auf Weiteres</b> )
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• kennen Quellen und Aufkommen von Wasser und Abwasser und deren Inhaltsstoffe (<i>Stoffanalyse</i>), analysieren die resultierenden verfahrenstechnischen, energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Probleme und Ziele der Trinkwasser-, Brauchwasser- und Abwasseraufbereitung unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen,</li><li>• verstehen und beherrschen die Grundlagen und die Problemanalyse der Fest-Flüssig-Trennung (<i>Prozess-Diagnose</i>),</li><li>• können in Grundzügen die Aufbereitungsprozesse, Maschinen und Apparate funktionell auslegen (<i>Prozessgestaltung</i>),</li><li>• entwickeln Problemlösungen durch kluge Kombination energetisch effizienter, mechanischer Prozesse der Fest-Flüssig-Trennung (Einheit von <i>Verfahrens- und Anlagengestaltung</i>) zwecks Erzeugung hochwertiger Produkte (<i>Produktgestaltung</i>).</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Einführung in die mechanische Flüssigkeitsabtrennung</b>, Prinzipien der Trinkwasserversorgung, Aufkommen und Inhaltsstoffe, gesetzliche Rahmenbedingungen</li><li>• <b>Grundlagen und Mikroprozesse</b>, Partikelbewegung im Fluid, Durchströmung von Partikelschichten, turbulente Transportvorgänge, Trennmodelle</li><li>• <b>Sedimentation</b>, Auslegung des Sedimentationsprozesses, Flockung und Dispergieren, Sedimentationsapparate (Rundeindicker, Rechteckbecken), Zentrifugalkrafteindicker und. -klärer (Zyklone, Zentrifugen),</li><li>• <b>Schwimm-Sink-Trennung</b>, Grundlagen und Auslegung der Leichtstofftrennung, Leichtstoffabscheider, Flotation,</li><li>• <b>Filtration</b>, Kuchenfiltration, Grundlagen, Apparate (Schwerkraftfilter, Saug- und Druckfilter, Filterzentrifuge), Pressfiltration, Tiefenfiltration, Grundlagen, Apparate,</li><li>• <b>Querstrom- und Membranfiltration</b>, Grundlagen, Apparate, Mikro- u. Ultrafiltration, Umkehrosmose,</li><li>• <b>Elektrophorese und Elektroosmose</b></li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen mit studentischen Vorträgen, praktische Übungen (Sedimentation, Zentrifugation, Kuchenfiltration, Pressfiltration, Querstromfiltration); (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mechanische Verfahrenstechnik, Strömungsmechanik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP



**Modulverantwortlicher:**

N. N.

**Literaturhinweise:**

[1] Manuskript mit Text, Bildern und Übungen siehe [www.ovgu.de/ivt/mvt/](http://www.ovgu.de/ivt/mvt/)

[2] Brauer, H., Handbuch des Umweltschutzes und der Umwelttechnik, Bd. 4 Behandlung von Abwässern, Springer Berlin 1996



## 6.16. Methoden- und Kompetenzseminar Chemie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Methoden- und Kompetenzseminar Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden kennen die methodisch-systematische Vorgehensweise beim wissenschaftlichen Arbeiten. Sie sind in der Lage, Ergebnisse wissenschaftlicher Experimente in angemessener Weise schriftlich darzulegen und diese im Rahmen von Vorträgen zu präsentieren. Darüber hinaus wissen die Studierenden, wie sie effizient Literaturrecherchen durchführen können und sie sind in der Lage, mit in der Chemie gängiger Software umzugehen. Schließlich können sie selbständig auch komplexere Fragestellung bei der Strukturaufklärung von Molekülen anhand von NMR- und IR-Spektren lösen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Methodisch-systematische Vorgehensweise beim wissenschaftlichen Arbeiten</li><li>• Formale Rahmenbedingungen bei der Anfertigung von Abschlussarbeiten durch die Studien- und Prüfungsordnung</li><li>• Projektplanung (Themenwahl, Projektanalyse, Zeitmanagement, Grundlegendes zur Literaturrecherche, Evaluierung von Internetquellen)</li><li>• Durchführung von Experimenten (Versuchsplanung, Dokumentation, Ergebnisbewertung und experimentelle Fehler)</li><li>• Wissenschaftliches Schreiben (Aufbau der Arbeit, inhaltliche Gestaltung des Textes, formale Gestaltung der Arbeit, Zitieren von Literaturquellen, Plagiate)</li><li>• Wissenschaftliches Vortragen (Rahmenbedingungen, Aufbau des Vortrags, formale Gestaltung der Präsentation, Vortragstechniken, Vorbereitung auf die Diskussion)</li><li>• Fachspezifische Methoden der Literaturrecherche an der Universitätsbibliothek</li><li>• Literaturverwaltung mit Citavi</li><li>• Visualisierung von Molekül- und Kristallstrukturen mit ChemDraw und Diamond</li><li>• Graphische Darstellung von Messdaten mit Origin Auswertung komplexer IR- und NMR-Spektren</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS (2 V, 1 Ü) Präsenzzeit: 56 Stunden; Lösen von Übungsaufgaben, Vortragsvorbereitung: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> unbenotete Leistungsnachweise / die Gesamtnote ergibt sich aus der Bewertung eines Vortrags der Teilnehmer (50%) sowie aus einer Klausur zu den spektroskopischen Methoden (50%) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. M. Schwidder, FVST <b>Weitere Lehrende:</b> Dr. L. Hilfer, P. Leisering, Dr. P. Liebing, FVST



**Literaturhinweise:**

Die Technik wissenschaftlichen Arbeitens – Eine praktische Anleitung; N. Franck, J. Sary; utb  
Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie; S. Blienz, L. Bigler, T. Fox, H. Meier; Thieme



## 6.17. Mikrobielle Biochemie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Mikrobielle Biochemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten vertiefen ihre Kenntnisse in den Bereichen Biochemie und Mikrobiologie. Das Modul vermittelt neben detaillierten Kenntnissen zum Metabolismus biogener und anthropogener Verbindungen auch Grundkenntnisse zu Mechanismen der Adaptation von Mikroorganismen an veränderte Umweltbedingungen. Die Studenten begreifen die metabolische Vielfalt und die hohe Adaptationsfähigkeit von Mikroorganismen als Chance für die Anwendung in biotechnologischen Prozessen. Gleichzeitig vertiefen Sie Ihre praktischen Fähigkeiten in einem Praktikum in der Kultivierung und biochemischen Charakterisierung von Mikroorganismen.
<b>Inhalt</b> Vorlesung <ul style="list-style-type: none"><li>• Stoffwechselfielfalt (Photosynthese, Chemolithotrophie, Nutzung alternativer Elektronenakzeptoren)</li><li>• Adaptation von Mikroorganismen an ihre Umwelt (Hitzeschock, oxidativer Stress, Säureschock, Stationäre Phase)</li><li>• Mikroorganismen in biogeochemischen Prozessen (Erzlaugung,</li><li>• Abbau von anthropogenen Verbindungen (chlorierte und nicht chlorierte Aliphaten und Aromaten, aerober und anaerober Abbau)</li><li>• Produktsynthese</li></ul> Praktikum <ul style="list-style-type: none"><li>• Kultivierung von Mikroorganismen (Adaptation, Schadstoffabbau, Produktsynthese)</li><li>• Kontinuierliche Kultivierung von Mikroorganismen im Bioreaktor</li><li>• Messung von Substrat- und Produktkonzentration</li><li>• Enzymmessungen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; Praktikum; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Alle Module des Bachelorstudienganges.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Vorlesung: 2 SWS (28 h), Praktikum: 1 SWS (14 h), Selbstständiges Arbeiten: 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. D. Benndorf <b>Lehrende:</b> Dr. D. Benndorf, Prof. U. Reichl, FVST



**Literaturhinweise:**

- M. T. Madigan, J. M. Martinko: Brock Mikrobiologie. Pearson Studium (2008). ISBN: 978-3827373588
- M. Schlömann., W. Reineke: Umweltmikrobiologie. Spektrum Akademischer Verlag (2006). ISBN: 978-3827413468



## 6.18. Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Vermittlung der Grundlagen der Strömungsphysik und deren Besonderheiten auf kleinen räumlichen Skalen. Ausgehend von den Grundlagen werden Methoden in der Mikrofluidik für spezifische Anwendungen aufgezeigt. Auf theoretischer Seite werden Sie nicht nur analytische Lösungen der Strömungen erarbeiten, sondern auch numerische Verfahren kennenlernen und benutzen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlegende Konzepte der Mikrofluidik</li><li>• Erhaltungsgleichungen (Masse, Impuls, Energie)</li><li>• Einfache Strömungen<ul style="list-style-type: none"><li>○ Hydrostatik</li><li>○ Couette &amp; Poiseuille Strömungen</li><li>○ Stokes Drag</li></ul></li><li>• Netzwerkbeschreibung durch hydraulischen Widerstand und Elastizität</li><li>• Diffusion</li><li>• Verschiedene zeitabhängige Strömungen</li><li>• Kapillarität</li><li>• Elektrohydrodynamik<ul style="list-style-type: none"><li>○ Elektroosmose</li><li>○ Dielektrophorese</li></ul></li><li>• Spezielle Strömungen in der Mikrofluidik wie z.B. Hele-Shaw, Mehrphasenströmungen, Erzeugung von Gasblasen und Tröpfchen und die Akustofluidik</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium (SoSe)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundvorlesung Strömungsmechanik.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h Präsenzzeit: 42 Stunden, (Selbststudium: 28 Stunden, Vorlesung: 28 Stunden, Übungen: 14 Stunden), Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen / 4 CP 2 Stunden schriftliche Prüfung (60% der Endnote) 2 Hausaufgaben einzureichen während des Semesters (40% der Endnote)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. C. D. Ohl, FNW, Institut für Experimentelle Physik
Theoretical Microfluidics, Hendrik Bruus (ISBN 978-0199235094) Introduction to Microfluidics, Patrick Tabeling (ISBN 978-0199588169)





Micro- and Nanoscale Fluid Mechanics: Transport in Microfluidic Devices, Brian J. Kirby (ISBN 978-1107617209)

Fluid Mechanics, Pijush K. Kundu, Ira M. Cohen, David R Dowling (ISBN 978-0124059351)



### 6.19. Modern organic synthesis

<b>Course:</b> Selective module for the master course Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Module:</b> Modern organic synthesis
<b>Objective:</b> Constitutive to the basic knowledge of the „Chemistry“ module in this module the expertise for development of strategy for complex synthesis will be procured. On example of chosen synthesis the principles of total synthesis will be trained.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Short overview reactivity, carbon hybrids, organic chemical basic reactions</li><li>• Concept of the acyclic stereoselection on the example of Aldol reactions</li><li>• Demonstration of the concept on the example of miscellaneous total synthesis of natural products</li><li>• Basics of metal organic chemistry</li><li>• Vinyl silanes</li><li>• Allyl silanes</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lecture; (summer semester)
<b>Prerequisites:</b> Module Chemistry
<b>Workload:</b> 2 hours per week Lecture: 28 hours, Private study: 62 hours
<b>Examination/Credits:</b> Oral exam / 3 CP
<b>Responsible lecture:</b> Prof. D. Schinzer, FVST
<b>Literature:</b> Handouts will be given in lecture

**6.20. Molecular Modelling/Computational Biology and Chemistry**

<b>Course:</b> Selective module for the master course Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Module:</b> Molecular Modelling/Computational Biology and Chemistry
<b>Objectives</b> In this module, students are getting to know different approaches to model questions from chemical and biological fields. The lecture conveys basis principles of modelling chemical and biological intermolecular interactions. Different approaches on different time and spatial scales will be discussed with particular emphasis on providing answers to scientific questions. Theoretical knowledge will be put in practice during exercises in the computer lab. Simple problems will be dealt with independently and typical approaches from a professional perspective from biotechnology and chemical industry will be treated. The students are to acquire competences and practical experience for their professional life. They are getting to know how to apply and evaluate molecular simulations and computational approaches as independent tools to solve problems.
<b>Contents</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction, time and size scales of interactions</li><li>• Intermolecular interactions (hydrogen bonding, electrostatics, van der Waals)</li><li>• Protein structures, bioinformatics, protein structural modeling</li><li>• Electrostatic interactions and Brownian dynamics</li><li>• Molecular dynamics simulations (proteins, conformational changes)</li><li>• Quantum chemistry (introduction, examples)</li><li>• Additional methods (ab initio molecular dynamics, calculation of experimental observables)</li></ul>
<b>Teaching</b> Lecture 2SWS, Tutorial 1SWS; (winter semester)
<b>Prerequisites:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Courses in physics, chemistry and biology</li><li>• Basic computational knowledge (i.e. Linux)</li><li>• Language: English</li></ul>
<b>Workload:</b> 4 SWS, Lectures and tutorials
<b>Examination/Credits:</b> Project work and documentation (50%), oral examination (50%) / 5 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Dr. M. Stein, MPI Magdeburg
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Andrew R. Leach: Molecular Modelling - Principles and Application, Pearson 2001.</li><li>• H.D. Höltje, W.Sippl, D. Rognan, G. Folkers: Molecular Modeling, Wiley-VCH 1996.</li><li>• D. Frenkel, B. Smit: Understanding molecular simulation: from algorithms to applications, Acad. Press, 2007.</li><li>• D. Higgin, W. Taylor: Bioinformatics: sequence, structure, and databanks ; a practical approach, Oxford University Press, 2000.</li><li>• Wolfram Koch; Max C. Holthausen: A chemist's guide to density functional theory, Wiley-VCH, 2008.</li></ul>



## 6.21. Molekulares Modellieren

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Molekulares Modellieren
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten haben theoretische und praktischen Fähigkeiten zum Einsatz verschiedener Modellierungswerkzeuge für diskrete Systeme von Partikeln, Gruppen von Molekülen, Molekülen und Atomen auf verschiedenen Raum- und Zeitskalen mit besonderem Bezug auf den Einsatz in technisch-ingenieurwissenschaftlichen Gebieten erworben. Die Studenten können die modelltheoretischen Kenntnisse mit verschiedenen numerischen Verfahren verknüpfen, und damit die molekulare Simulation am Computer als eigenständiges Ingenieurswerkzeug erlernen und nutzen. An einfachen Problemstellungen ausgewählter verfahrenstechnischer Prozesse erwerben die Studenten Kompetenzen, die jeweils adäquate Modellierung mit dem geeigneten Verfahren zu verknüpfen und somit übertragbares Wissen für einen späteren industriellen Arbeitsalltag zu erlangen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung, Konzepte und Grundlagen des molekularen Modellierens</li><li>• Simulationswerkzeuge für verschiedene Raum- und Zeitskalen</li><li>• Monte-Carlo-Methoden: Einführung, Gleichgewichtsmethoden, Dynamische Methoden, Anwendung für Emulsionstropfen, Partikel und Diffusion</li><li>• Molekulardynamik: Grundlagen, Potentiale, Anwendung für Diffusion und Keimbildung</li><li>• Quantenmechanik: Einführung, Kraftfelder, Dichtefunktionale</li><li>• Aktuelle Entwicklungen: Methoden, Algorithmen, Software</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung, 1 Computerlabor-Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Simulationstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Projektarbeit / Mündliche Prüfung (M45) / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Voigt, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Andrew Leach, Molecular Modelling - Principles and Application, Pearson 2001, M. Griebel, Numerische Simulation in der Moleküldynamik, Springer 2004.



## 6.22. Numerical simulation in explosion protection

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Module:</b> Numerical simulation in explosion protection
<b>Objectives:</b> The students understand the theoretical foundations of the methodology of numerical simulations in the frame of flows of relevance to explosion protection in process industries. In particular, the students are able to use the terminology in computational fluid dynamics, choose independently a suitable numerical approaches for specific flow situations, and interpret and discuss the results. Besides fundamental aspects, insight will be given in current research topics such as modeling of sprays, electrification of particulate flows or flame propagation in pipe systems.  Further, the participants of the course will learn the basics of the application of an existing computer tool, namely OpenFOAM. This tool will be used to treat simple flow situations as well as complex real-scale systems. Finally, the students will understand the necessity of experimental measurements to support mathematical modeling and to validate simulations.
<b>Content:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fundamentals of computational fluid dynamics</li><li>• Concepts of multiphase flow modeling</li><li>• Liquid jets, sprays, spray drying</li><li>• Triboelectric charging of particles</li><li>• Expansion of explosion flames</li><li>• Computer exercises in OpenFOAM</li><li>• Laboratory exercise at Physikalisch-Technische Bundesanstalt</li></ul>
<b>Forms of Instruction / Course Language:</b> Lectures, computer and laboratory exercises / English
<b>Pre-requirements:</b> Mathematics, Thermodynamics, Fluid Dynamics, basic knowledge of a programming language
<b>Workload:</b> 2 SWS, lectures and computer exercises = 28 hours, private studies = 42 hours
<b>Assessments/Exams/Credits:</b> Project report and presentation / 3 CP
<b>Responsible Teacher:</b> Hon.-Prof. Dr. H. Grosshans, PTB Braunschweig
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ferziger &amp; Peric: Computational Methods for Fluid Dynamics</li><li>• Crowe, Schwarzkopf, Sommerfeld &amp; Tsuji: Multiphase Flows with Droplets and Particles</li></ul>



### 6.23. Numerische Strömungsmechanik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Numerische Strömungsmechanik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Numerische Strömungssimulationen (im Allgemeinen als <i>Computational Fluid Dynamics</i> oder kurz CFD genannt) spielen in vielen modernen industriellen Projekten eine sehr wichtige Rolle. Gute Kenntnisse in den Grundlagen der Strömungsmechanik sind sehr wichtig, aber nicht ausreichend, um CFD selbstständig zu erlernen. Der beste Weg zum Erlernen von CFD ist die so genannte "Learning by Doing"-Methode am Computer. Das ist das Ziel dieses Moduls, in dem die theoretischen Aspekte mit vielen Übungen und mit vielen Beispielen am Computer kombiniert sind. Die Studenten sind dadurch zu einer selbständigen, effizienten und zielgerichteten Nutzung der numerischen Strömungssimulation für komplexe Strömungsprobleme befähigt. Sie besitzen ebenfalls das Verständnis zur kritischen Überprüfung von CFD-Ergebnissen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einleitung, Organisation der Vorlesung. Geschichte und Bedeutung der CFD. Wichtigste Methoden für die Diskretisierung (Finite-Differenzen, Finite-Volumen, Finite-Elemente)</li><li>• Vektor- und Parallelcomputer, Superrechner. Optimale Berechnungsprozedur, Validierung, "best practice"-Richtlinien.</li><li>• Lineare Gleichungssysteme. Direkte Lösung und ihre Grenzen. Iterative Lösungsmethoden, Beispiele und Anwendung. Tridiagonale Systeme. Selbstständige Realisierung unter Aufsicht eines <i>Matlab</i>-Scripts für die Lösung einer einfachen Strömung in einer 2D-Kavität (Poisson-Gleichung).</li><li>• Auswahl/Einsatz guter Konvergenzkriterien und praktische Realisierung. Einfluss des Gitters und der Konvergenzkriterien auf die Lösung. Gitterunabhängige Lösung.</li><li>• Finite-Elementen: Einführung am Beispiel von <i>COMSOL</i>. Einführung in <i>COMSOL</i> und praktische Übung.</li><li>• Reihenfolge der praktischen CFD: CAD, Gittererzeugung und Lösung. <i>Best Practice</i> (ERCOFTAC) Anweisungen für die CFD. Praktische Verwendung des kommerziellen Programms <i>Gambit</i>, um CAD und Gittererzeugung durchzuführen.</li><li>• Physikalische Modelle für die Simulation komplexer Strömungen. Bedeutung der zweckmäßigen Auswahl dieser Modelle. Einfluss der Konvergenzkriterien. Möglichkeit der Gitteranpassung und Erreichen einer gitterunabhängigen Lösung. Erste und zweite Ordnung in der Diskretisierung.</li><li>• Eigenschaften turbulenter Strömungen und Bedeutung dieser Strömungen. Turbulenzmodellierung. Berechnung der turbulenten Strömung an einer plötzlichen Querschnittserweiterung. Verteilung der Projekte.</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übungen und Computerpraktika; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Strömungsmechanik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP



**Modulverantwortlicher:**

apl. Prof. Dr. G. Janiga, FVST

**Literaturhinweise:**

Ferziger and Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer



## 6.24. Numerische Werkzeuge für technisch-chemische Problemstellungen

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Numerische Werkzeuge für technisch-chemische Problemstellungen (Aussetzung bis auf Weiteres)

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studenten

- sind in der Lage methodisch grundlagenorientierte Lösungskompetenzen für Problemstellungen in der Chemie/chemischen Verfahrenstechnik einzusetzen
- haben ein Verständnis bezüglich der Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen von Modellierungswerkzeugen im Bereich der molekularen und strukturellen Produktgestaltung
- können das kommerzielle Modellierungswerkzeug MATLAB® sicher bei der Planung und Auslegung verfahrenstechnischer Apparate eingesetzt
- sind befähigt die an Fallbeispielen erworbenen Fähigkeiten auf eine Vielzahl ähnlicher technisch-chemischer Problemstellungen anzuwenden und Lösungen zu erarbeiten

**Inhalt:****1. Mathematische Grundlagen**

- Modellbildung und resultierende Gleichungsstruktur
- Numerische Werkzeuge für algebraische Gleichungssysteme bzw. Differentialgleichungssysteme
- Einführung in die statistische Analyse von Messdaten

**2. Einführung in MATLAB**

- Grundoperationen & Programmierung in MATLAB bzw. gPROMS
- Numerische Lösung von algebraischen & Differentialgleichungssystemen
- Numerische Optimierung
- Datenvisualisierung, Schnittstellen zu anderen Tools

**3. Praktische Anwendung anhand ausgewählter Beispiele**

- Stöchiometrie
- Thermodynamische Gleichgewichte
- Reaktionskinetik
- Rührkesselreaktoren: Batch-Reaktor, Semibatch-Reaktor, CSTR
- Festbettreaktoren mit axialer Dispersion, instationär mit axialer Dispersion, mit axialer und radialer Dispersion, Probleme und Lösungen
- Membranreaktoren und adsorptive Reaktoren
- Parameterschätzung, Versuchsplanung

**Lehrformen:**

Vorlesung / Seminare; (WS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Chemie, Reaktionstechnik I, mathematische Kenntnisse





**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

mündlich / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Ch. Hamel, FVST, Dr. K. Hecht, FVST

**Literaturhinweise:**

Löwe, Chemische Reaktionstechnik mit MATLAB und SIMULINK, Wiley-VCH, 2001



## 6.25. OMICS-Technologien

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und Strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> OMICS-Technologien
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten erwerben theoretische und praktische Fähigkeiten in der Analytik komplexer biologischer Systeme mittels Genomik, Proteomik, Metabolomik, Lipidomik und Glykomik. Sie werden in einem Praktikum befähigt, selbstständig Experimente zur qualitativen und quantitativen Analyse von Proteingemische zu planen und durchzuführen. Die Studenten können die erzeugten Datensätze mit bioinformatischen und biostatistischen Methoden auswerten.
<b>Inhalt</b>  Vorlesung 01. Vorlesung: Überblick über Omiks Methoden und deren Anwendung 02. Vorlesung: Genomik & Transkriptomik 03. Vorlesung: Proteomik „Proteine, Proteinaktivität, Extraktionen“ 04. Vorlesung: Proteomik „Massenspektrometrie Teil 1“ 05. Vorlesung: Proteomik „Massenspektrometrie Teil 2“ 06. Vorlesung: Proteomik „Strukturproteomik“ 07. Vorlesung: Metabolomik 08. Vorlesung: Glykomik 09. Vorlesung: Glykoproteomik 10. Vorlesung: Weitere Omiks Methods (Cytomics, Lipidomics) 11. Vorlesung: Bioinformatische Datenauswertung 12. Vorlesung: Datenintegration 13. Vorlesung: Biostatistik und Datenvisualisierung 14. Vorlesung: Anwendungsbeispiel „Beschreibung von mikrobiellen Gemeinschaften in Umwelt, Technik und Gesundheit“  Übung 01. Übung: Proteinidentifikation durch Proteindatenbankensuche und <i>De novo</i> Sequenzierung 02. Übung: Interpretation von MS Daten (KEGG) 03. Übung: Interpretation von Glykomiksdaten/Strukturaufklärung 04. Übung: Grundlagen Datenvisualisierung und Datenorganisation mit R 05. Übung: Gruppenweisevergleich von Proben mit R 06. Übung: Multivariate Statistik mit R 07. Übung: Einstieg in Lernalgorithmen mit R  Praktikum 01. Tag: Probenvorbereitung für Proteomik und SDS-PAGE 02. Tag: Tryptischer Verdau und massenspektrometrische Analyse
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) Praktikum (1 SWS); (WS) / Deutsch Format der Übungen: laborexperimentelle Übungen und Computer-gestützte Datenauswertung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine



**Arbeitsaufwand:**

Vorlesung: 2 SWS (28 h), Übung: 1 SWS (14 h), Praktikum: 1 SWS (14 h), Selbststudium: 94 h

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Klausur (90 min, 66% der Note) + benoteter Leistungsnachweis (33% der Note), 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. D. Benndorf, FVST

**Lehrende:** Dr. R. Heyer, FIN/ITI, Dr. M. Hoffmann, MPI

**Literaturhinweise:**

- F. Lottspeich, J. W. Engels, A. Simeon (Hrsg.): Bioanalytik. Spektrum Akademischer Verlag 2008. ISBN: 978-3827415202
- H. Rehm, T. Letzel: Der Experimentator: Proteinbiochemie / Proteomics. Spektrum Akademischer Verlag 2009. ISBN: 978-3827423122

**6.26. Praktikum Neue Materialien / Metallorganik II**

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Praktikum Neue Materialien / Metallorganik II
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Ziel des Moduls ist eine Vertiefung der Fähigkeiten der Studierenden, die im Rahmen des Praktikums Neue Materialien / Metallorganik I erarbeitet wurden. Die Studierenden haben sich mit gängigen Arbeitspraktiken auf Forschungsniveau im Bereich Komplexchemie bzw. Metallorganische Chemie vertraut gemacht. Im Rahmen dessen haben sie den Umgang mit experimentellen Aufbauten bzw. Arbeitstechniken weiter gefestigt und theoretisch erworbenes Wissen in die praktische Anwendung umgesetzt. Am Ende des Praktikums können die Studierenden, weitgehend selbständig auch schwierige wissenschaftliche Forschungsaufgaben im Labor bearbeiten
<b>Inhalt:</b> Im Rahmen des Praktikums werden in Absprache zwischen den Studierenden und dem Praktikumsverantwortlichen kleine Forschungsaufgaben vergeben, die durchgeführt, ausgewertet, und entsprechend protokolliert werden müssen. Die Anfertigung eines Ergebnisprotokolls und die Präsentation der Ergebnisse (Referat, Poster, Kolloquium) nach dem Abschluss der Arbeiten sind integraler Bestandteil des Moduls.
<b>Lehrformen:</b> Praktikum semesterbegleitend oder Blockpraktikum, Präsentation/Kolloquium; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Teilnahme am Praktikum Neue Materialien / Metallorganik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Kolloquium für den benoteten LN / 4 CP
<b>Lehrender:</b> Dr. V. Lorenz, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Golloch, Alfred; Kuss, Heinz Martin; Sartori, Peter „Anorganisch-Chemische Präparate: Darstellung und Charakterisierung ausgewählter Verbindungen“, de Gruyter 1985, ISBN: 3-11-004821-3.</li><li>- Lehrwerk Chemie / Hrsg.-Koll. Lehrwerk Chemie, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. [Hrsg.-Kollektiv: Joachim Finster ...]; „Arbeitsbuch 7 - Reaktionsverhalten und Synthesepinzipien“ - Thiele, Karl-Heinz; ISBN: 3-342-00382-0.</li><li>- Heyn, Bodo; Hipler, Bernd; Kreisel, Günther; Schreer, Heike; Walther, Dirk „Anorganische Synthesechemie : ein integriertes Praktikum“ Springer Berlin 1990, ISBN: 3-540-52907-1</li><li>- Brauer, Georg „Handbuch der präparativen anorganischen Chemie : in drei Bänden“ F. Enke Verlag Stuttgart, ISBN: 3-432-02328-6.</li><li>- Heinz G. O. Becker „Organikum : organisch-chemisches Grundpraktikum“ Weinheim Wiley-VCH, 2009, ISBN: 978-3-527-32292-3.</li></ul>



- Jander, Gerhart; Blasius, Ewald; Strähle, Joachim ; Schweda, Eberhard ; Rossi, Rolando „Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie,, Hirzel Verlag 2006, ISBN: 3-7776-1388-6
- P. H. Plesch, „High vacuum techniques for chemical syntheses and measurements“ , Cambridge Univ. Press 1989, ISBN: 0-521-25756-5
- Herrmann, Wolfgang A.; Brauer, Georg „Synthetic methods of organometallic and inorganic chemistry“ , Thieme Verlag 1996 – 2002, Bände 1 – 10, 3-13-103021-6, 3-13-103031-3, 3-13-103041-0, 3-13-103051-8, 3-13-103061-5, 3-13-103071-2, 3-13-103081-X, 3-13-103091-7, 3-13-115141-2 und 3-13-115161-7



## 6.27. Praktikum Wirkstoffe

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Praktikum Wirkstoffe
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Fähigkeiten der Studierenden im Rahmen der organisch-chemischen Praktika in dem Bachelorstudiengang wurden vertieft. Nach Abschluss des Praktikums sind die Studierenden mit gängigen Arbeitspraktiken auf Forschungsniveau im Bereich der Wirkstoffsynthese vertraut. In diesem Rahmen beherrschen sie die relevanten Arbeitstechniken, insbesondere im Hinblick auf die speziellen Sicherheitsanforderungen beim Arbeiten mit biologisch aktiven Substanzen, und können theoretisch erworbenes Wissen in die praktische Anwendung umsetzen.
<b>Inhalt:</b> Im Rahmen des Praktikums werden in Absprache mit den Studierenden und dem Praktikumsverantwortlichen kurze mehrstufige Synthesen aus dem Bereich der aktuellen Wirkstoffforschung bearbeitet. Die einzelnen Versuche werden geplant, durchgeführt und ausgewertet. Die Produkte werden gereinigt, charakterisiert und die Ergebnisse der guten wissenschaftlichen Praxis entsprechend protokolliert und diskutiert. Die Anfertigung eines Abschlussprotokolls in Form einer kurzen wissenschaftlichen Arbeit ist integraler Bestandteil des Moduls.
<b>Lehrformen:</b> Blockpraktikum im Arbeitskreis; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Abgeschlossener Bachelorstudiengang MSPG; erfüllte Auflagen bei Absolventen ähnlicher Bachelorstudiengänge
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> benoteter LN / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> PD Dr. E. Haak, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- K. Schwetlick, <i>Organikum</i>, Wiley-VCH, Weinheim</li><li>- J. March, <i>Advanced Organic Chemistry</i>, Wiley &amp; Sons, New York</li><li>- Projektabhängige Originalliteratur</li></ul>



## 6.28. Präparationsprinzipien poröser Materialien

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Präparationsprinzipien poröser Materialien
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können poröse Materialien anhand ihrer strukturellen, chemischen und Applikationseigenschaften unterscheiden. Sie kennen verschiedene Herstellungsprinzipien und können diese bezüglich ihrer Vor- und Nachteile bewerten, sowie für bestimmte Zielstrukturen eine adäquate Technik auswählen. Die Studierenden kennen für ausgewählte technische Anwendungen (Katalyse, Stofftrennung, Ionenaustausch etc.) die gegenwärtig eingesetzten Materialien und deren prinzipielle Herstellung. Sie können zur Verfügung stehende allgemeine und spezielle Charakterisierungsmethoden (XRD, Porosimetrie, Adsorptionsverfahren, bildgebende Verfahren) hinsichtlich ihrer Aussagekraft einschätzen, auswählen und kombinieren. Besonderes Augenmerk liegt auf aktuellen Entwicklungen in der Forschung.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Anorganisch-Technische Synthesepinzipien und Präparationsmethoden poröser Materialien</li><li>• Synthesestrategien und Verfahrensaspkte bei der Herstellung zeolithischer Materialien</li><li>• Beschreibung von hydrothermalen Silikatkristallisationsprozessen</li><li>• Kristallisationstechniken und –verfahren</li><li>• Charakterisierungsmöglichkeiten poröser Produkte</li><li>• Herstellungsverfahren amorpher Kieselgele und poröser Gläser</li><li>• Klassische Al-reiche Zeolithe und hochsilikatische Produkte</li><li>• Aluminiumphosphate – Neue Materialien mit interessanten Poren-geometrien und Applikationen</li><li>• Mesoporöse Materialien – Produkte mit Porengrößen in neuen Bereichen</li><li>• Metall-organische Gerüstverbindungen (MOF)</li><li>• Spezialitäten – Maßgeschneiderte Eigenschaften durch spezielle Kristallisationsverfahren</li><li>• Schichtsilikate als Basissystem für 3D-vernetzte Materialien</li><li>• Trägergestützte Kristallisation</li><li>• Postsyntheseverfahren zur Eigenschaftseinstellung</li><li>• Formgebung – Wichtiger Verfahrensschritt vor dem Einsatz</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Organische und Anorganische Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min / 4 CP



**Modulverantwortliche:**

Dr. A. Lieb, FVST

**Lehrender:**

Dr. M. Schwidder, FVST

**Literaturhinweise:**

Handbook of Porous Solids, Eds. F. Schüth, K. Sing, J. Weitkamp, Wiley-VCH, Foliensatz zum Download





## 6.29. Prinzipien der Wirkstoffforschung

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Prinzipien der Wirkstoffforschung

**Ziele und Kompetenzen:**

- Die Teilnehmer erkennen Target-Wirkstoff-Wechselwirkungen (z. B. Schlüssel-Schloss-Prinzip) und leiten daraus das weitere Vorgehen für die Wirkstoffsynthese ab.
- Die Studierenden können mit Hilfe des Bioisosterie-Konzepts und des Homologie-Prinzips ausgehend von vorgegebenen Leitstrukturen die Optimierung von Wirkstoffen bzgl. ihrer Wirkstärke durchführen.
- Sie sind in der Lage, durch Anwendung z. B. des Topliss-Schemas und dem Grimm'schen Hybrid-Verschiebungs-Satz und unter Berücksichtigung physiko-chemischer Parameter von Substituenten unter Zuhilfenahme von Regressionsanalysen die Eigenschaften von Wirkstoffen (z. B. Membranpermeabilität und Systemizität) zu beeinflussen.
- Die Studierenden können aufgrund der Kenntnisse metabolischer Abbauprozesse stabilisierende Substituentenmuster (z. B. Einführung von Fluor) in Wirkstoffen gezielt planen.
- Die Studierenden wissen, wie neue Wirkstoffe und chemische Verfahrensprozesse patentrechtlich geschützt werden können.

**Inhalt**

- Definition von Wirkstoffen
- Wirkstoffe in Arznei- und Pflanzenschutzmitteln
- Wirkstoffe im Alltag
- Gliederung der Pflanzenschutzwirkstoffe nach Indikationen
- Geschichtliche Entwicklung der Pharma- und Pflanzenschutzforschung
- Schlüssel-Schloss-Prinzip
- Toxizität von Wirkstoffen (Naturstoffe vs. synthetische Produkte)
- Patente/Geistiges Eigentum
- Resistenz
- Pflanzenzüchtung vs. Pflanzenbiotechnologie
- Safener Technologie
- Systemizität (Xylem- und Phloemmobilität)
- Saatgutbehandlung
- Pheromon-basierte Pflanzenschutzmittel
- Synergismus
- Pharmakodynamik vs. Pharmakokinetik
- Agrokinetik
- ADME
- Lipinsky Regel
- Briggs Regel
- Einfluss physiko-chemischer Parameter (e. g. Log P,  $\Delta$ Log P, log K<sub>oc</sub>, log k<sub>ow</sub>, Hydrolyse, pK<sub>a</sub>, Wasserlöslichkeit) auf die Aktivität und Verteilung von Wirkstoffen
- Pflanzen als komplexe Systeme
- Dosis-Wirkungs-Beziehung, Therapeutische Breite
- Agonisten und Antagonisten
- Intrinsische Aktivität vs. Affinität
- Toxikologie
- Bienenschutzverordnung
- Quellen für Ideen zur Auffindung neuer Wirkstoffe
- Neue Wirkstoffe nach dem Zufallsprinzip



- Patente als Ideenquelle: Me-Too-Forschung
- Wirkstoffe nach dem Vorbild der Natur, Traditionelle Chinesische Medizin
- Kombinatorische Chemie
- Ultra High Throughput Screening (UHTVS, UHTBS)
- Gene Expression Profiling
- Virtuelles Target-basiertes Screening
- Rational Design
- Wirkstoff-Target-Wechselwirkungen (kovalente und nicht kovalente Wechselwirkungen)
- Wirkstoff-Protein-Komplexe
- Substituenteneffekte auf die Toxophorbinding
- Aminosäuren (Fischer-Projektion, CIP-Regel)
- Enzyme vs. Rezeptoren
- Strategien für die gezielte Optimierung von Leitstrukturen
- Fragment-basierte Optimierung
- Aufbau einer Bindestelle
- Bioisosteriekonzept
- Grimm'scher Hybridverschiebungssatz
- Pseudohalogene
- Homologie-Prinzip (Variation homologer Reihen, Vinylogie, Benzologie)
- Ringtransformationen (konjunktive und dissoziative Ansätze)
- Rigidisierung
- Optische Isomerie in Arzneimitteln, Chiralität
- Pfeiffer'sche Regel
- Chirale Pflanzenschutzmittel
- Twin Drugs und Dual Acting Drugs
- Symmetrie in der Natur
- Anwendungsregeln für die Wirkstoffoptimierung
- Wahl der richtigen Substituenten
- Hammett Konstante
- Hansch-Fujita-Konstante
- Taft-Faktor
- Molare Refraktivität
- Hansch Analyse
- Regressions-Analyse
- Topliss-Variationen
- Einflüsse von Alkyl- und ungesättigten Gruppen bzw. sauerstoff- und schwefelhaltigen Substituenten
- Einflüsse von sauren und basischen Substituenten
- Einflüsse von Halogenen in der Wirkstoffforschung
- Fluor: Ein wichtiges Element für das Wirkstoffdesign
- Beispiele für die Strategie zur Wirkstoffoptimierung
- Der SOSA Approach
- Metabolismus: Phase I- und Phase II-Reaktionen
- Radioaktiv-markierte Synthesen
- Das Prodrug Prinzip
- Formulierungsforschung
- Verfahrenswegeforschung und Prozessentwicklung

**Lehrformen:**

Vorlesungen, Exkursion; (WS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundkenntnisse der organischen Chemie

**Arbeitsaufwand:**



2,5 SWS

Präsenzzeiten: 35 Stunden; Selbststudium: 62 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Teilnahmebestätigung und/oder mündliche Prüfung (auf Wunsch) / 4 CP (Die CPs werden nur bei Ablegen der Prüfung vergeben)

**Modulverantwortlicher:**

Hon.-Prof. E. R. F. Gesing, FVST

**Literaturhinweise:**

- G. L. Patrick, *An Introduction to Medicinal Chemistry*, Oxford University Press (2005); C. G. Wermuth, *The Practice of Medicinal Chemistry*, Academic Press (2008); G. Klebe, *Wirkstoffdesign*, Spektrum (2009) und Primärliteraturangaben im *Skript* angegeben.



### 6.30. Projektseminar Nachhaltigkeit

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Projektseminar Nachhaltigkeit
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Aufbauend auf die Ringvorlesung Nachhaltigkeit, erwerben die Studierenden vertiefte Kenntnisse in diesem Themengebiet. Die Teilnahme an der Ringvorlesung ist hierbei von Vorteil, aber keine zwingende Voraussetzung. Durch Zusammenarbeit in interdisziplinären Studierendengruppen werden gemeinsam Konzepte für Themengebiete wie Energieversorgung, Mobilität, Ernährung und Campus erarbeitet. Dabei bietet das Projekt eine exzellente Plattform, um interdisziplinäre Zusammenarbeit und neue Themengebiete kennen zu lernen. Die Studierenden sollen in der Lage sein, kreative und innovative Überlegungen zu entwickeln und auf Realisierbarkeit zu prüfen. Außerdem sollen diese Fachwissen systematisch erfassen und aufbereiten mit dem Ziel, Entscheidungen und daraus abgeleitete Handlungen – insbesondere im interdisziplinären Kontext – zu treffen und zu begründen. Schlüsselkompetenzen: Präsentation und Diskussion wissenschaftlicher Thesen und Sachverhalte, Lerntransferfähigkeit, selbstorganisiertes Lernen, methodenkritisches Denken, Urteilskompetenz, Kompetenzen des interdisziplinären Denkens und Handelns.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung<ul style="list-style-type: none"><li>o Nachhaltigkeitsförderung</li></ul></li><li>• Konzepterarbeitung<ul style="list-style-type: none"><li>o Wissenschaftliche Ausschreibungen</li></ul></li><li>• Vertiefung<ul style="list-style-type: none"><li>o Umweltpsychologische Perspektiven</li><li>o Grundlegende Analyse aktueller nachhaltiger Energiesysteme Einführung</li></ul></li></ul>
<b>Lehrformen:</b> wissenschaftliche Projektarbeit mit Vortrag (4 SWS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Kenntnisse im Bereich Nachhaltigkeit und Nachhaltige Energiesysteme vorteilhaft
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS, 120 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> benoteter Leistungsnachweis / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. phil. H. Wallis, FNW / Dipl.-Ing. C. Künzel Dr. A. Lieb
<b>Literaturhinweise:</b>



### 6.31. Prozessdynamik I

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Prozessdynamik I
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind befähigt, das dynamische Verhalten von örtlich konzentrierten Prozessen der Verfahrenstechnik, der Energietechnik und der Biosystemtechnik mittels mathematischer Modelle zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind in der Lage, diese Modelle für vorgegebene Prozesse konsistent aufzustellen, geeignete numerische Lösungsverfahren auszuwählen und darauf aufbauend stationäre und dynamische Simulationen durchzuführen. Sie können qualitative Aussagen über die Stabilität autonomer Systeme treffen und sind befähigt, das dynamische Antwortverhalten technischer Prozesse für bestimmte Eingangssignale quantitativ vorherzusagen. Ausgehend von den erzielten Analyseergebnissen sind die Studierenden in der Lage, die Wirkung von Struktur- und Parametervariationen auf die Dynamik der untersuchten Prozesse korrekt einzuschätzen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Motivation und Anwendungsbeispiele</li><li>• Bilanzgleichungen für Masse und Energie</li><li>• Thermodynamische und kinetische Gleichungen</li><li>• Allgemeine Form dynamischer Modelle</li><li>• Numerische Simulation dynamischer Systeme</li><li>• Linearisierung nichtlinearer Modelle</li><li>• Stabilität autonomer Systeme</li><li>• Laplace-Transformation</li><li>• Übertragungsverhalten von „Single Input Single Output“ (SISO) Systemen</li><li>• Übertragungsverhalten von „Multiple Input Multiple Output“ (MIMO) Systemen</li><li>• Übertragungsverhalten von Totzeitgliedern</li><li>• Analyse von Blockschaltbildern</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Simulationstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Schriftliche Prüfung (K120) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Voigt, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>[1] B.W. Bequette, <i>Process Dynamics</i>, Prentice Hall, New Jersey, 1998.</li><li>[2] D.E. Seborg, T.F. Edgar, D.A. Mellichamp, <i>Process Dynamics and Control</i>, John Wiley &amp; Sons, New York, 1989.</li><li>[3] B.A. Ogunnaike, W.H. Ray, <i>Process Dynamics, Modeling and Control</i>, Oxford University Press, New York, 1994.</li></ul>



## 6.32. Prozessoptimierung

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Prozessoptimierung

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden verstehen die Grundzüge der numerischen Optimierung, insbesondere mit Blick auf die Anwendung auf technische Systeme.

Sie sind in der Lage, aus technischen oder wirtschaftlichen Fragestellungen adäquate Optimierungsprobleme zu formulieren und zu klassifizieren. Die Studierenden haben einen breiten Überblick über verfügbare computergestützte Lösungsverfahren für stationäre Optimierungsprobleme unterschiedlicher Art. Dadurch sind sie in der Lage, angemessene Algorithmen für vorliegende Optimierungsprobleme auszuwählen. Dabei können Sie aufgrund ihrer detaillierten Kenntnisse die Vor- und Nachteile verfügbarer Verfahren gegen einander abwägen. Die in den praktischen Übungen erworbenen Fertigkeiten befähigen die Studierenden, Optimierungsprobleme in Simulationsumgebungen zu implementieren und zu lösen. Die Kenntnisse der Lösungsverfahren erlauben es den Studierenden, die Ergebnisse des Lösungsverfahrens angemessen zu beurteilen; dies gilt sowohl für den Fall des Scheiterns des Verfahrens als auch für die Beurteilung einer gefundenen Näherungslösung.

**Inhalt**

1. Struktur und Formulierung von Optimierungsproblemen (Zielfunktion, Nebenbedingungen, Freiheitsgrade)
2. Optimierungsprobleme ohne Nebenbedingungen
  - 2.1 Optimalitätsbedingungen (notwendige und hinreichende Bedingungen)
  - 2.2 Eindimensionale Optimierungsmethoden (äquidistante Suche, Interpolationsverfahren, goldener Schnitt)
  - 2.3 Mehrdimensionale Optimierungsmethoden; Liniensuchrichtungen (sequentielle Variation der Variablen, steilster Abstieg, konjugierte Gradienten), Nelder-Mead-Verfahren, Newton-Methoden (Newton-Raphson, Quasi-Newton-Methoden, Gauss-Newton für quadratische Probleme)
  - 2.4 Liniensuchmethoden (Wolfe-Bedingungen, „trust region“-Methode, „dogleg“-Methode, Marquardtverfahren)
3. Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen
  - 3.1 Optimalitätsbedingungen (Karush-Kuhn-Tucker-Bedingungen), Eindeutigkeit der Lösung
  - 3.2 Nichtlineare Programmierung (reduzierter Gradient, sequentielle quadratische Programmierung, „active set“-Strategie)
  - 3.3 Straffunktionen, Barrierefunktionen
  - 3.4 Lineare Programmierung (Simplexmethode nach Dantzig)
4. Globale Optimierung
  - 4.1 Genetische Algorithmen
  - 4.2 Evolutionäre Algorithmen
5. Optimalsteuerung
  - 5.1 Optimalitätsbedingungen (Euler-Lagrange-Gleichungen) für unbeschränkte und beschränkte Probleme
  - 5.2 Hamiltonfunktion

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung; (SS)



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS,  
Präsenzzeit: 42 h, Selbststudium: 78 h

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K120 / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. J. Bremer, FVST

**Literaturhinweise:**

M. Papageorgiou, *Optimierung*, Oldenbourg Verlag, München, 1996  
J. Nocedal, S. Wright, *Numerical Optimization*, Springer-Verlag, New York, 2008  
T.F. Edgar, D.M. Himmelblau, *Optimization of Chemical Processes*, McGraw-Hill, 1988



### 6.33. Prozess- und Anlagensicherheit

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Prozess- und Anlagensicherheit
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden kennen die grundlegenden Gefährdungen aus verfahrenstechnischen Prozessen: Stoff-Freisetzung, Brand, Explosion. Sie erlernen die Methoden der sicherheitstechnischen Stoffbewertung und ermitteln die sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stoffen und Stoffgemischen. Sie beherrschen mathematische Modelle zur Vorhersage der Wirkungen von Stoff-Freisetzungen, Bränden und Explosionen in der Umgebung verfahrenstechnischer Anlagen. Sie lernen den Risikobegriff kennen und verstehen die Elemente der wissenschaftlichen Risikoanalyse anhand von Ereignis- und Fehlerbäumen. Sie erwerben Grundlagenwissen zu den Methoden der qualitativen und quantitativen Gefährdungsbewertung. Sie kennen die wichtigsten rechtlichen Pflichten zum Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Gefährdungen aus verfahrenstechnischen Prozessen: Stoff-Freisetzung, Brand, Explosion</li><li>• Fallstudien zu unerwünschten Ereignissen (Seveso, Bhopal, Mexico-City, Flixborough u.a.)</li><li>• Methoden der sicherheitstechnischen Bewertung von Stoffen, Stoffgemischen und Reaktionen dieser (Dynamische Differenzkalorimetrie, Thermogravimetrische Analyse, Sedex-Verfahren, Dewar-Test)</li><li>• Sicherheitstechnische Kenngrößen für das Brand- und Explosionsverhalten und deren Bestimmungsverfahren (Mindestzündtemperatur, Mindestzündenergie, Explosionsgrenzen, maximaler Explosionsdruck, maximaler zeitlicher Druckanstieg, Sauerstoffgrenzkonzentration)</li><li>• Mathematische Modelle für die Berechnung der Stoffausbreitung von Leicht- und Schwergasen</li><li>• Mathematische Modelle für die Berechnung von Explosionswirkungen (Multi-Energie-Methode)</li><li>• Qualitative Methoden zur Gefährdungsbewertung (Layer of Protection Analysis, Hazard and Operability Studies)</li><li>• Einführung in die Quantitative Risikoanalyse, Ereignis- und Fehlerbaummodelle, Erstellung ortsabhängiger Risikographen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung und Experimenten
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> schriftlich / K 90 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. U. Krause, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Skript zum download, Steinbach: Grundlagen der Sicherheitstechnik, Mannam S: Lee's Loss Prevention in the Process Industries, Hauptmanns: Prozess- und Anlagensicherheit





### 6.34. Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• können verweilzeit- bzw. vermischungsbedingte Effekte in realen technischen Reaktoren analysieren und mathematisch quantifizieren</li><li>• sind in der Lage auch detaillierte, mehrdimensionale Reaktormodelle sicher einzusetzen und auf diverse chemische bzw. reaktionstechnische Problemstellungen zu übertragen</li><li>• sind befähigt ein- und mehrphasige Reaktionssysteme zu modellieren und zu bewerten</li><li>• können moderne integrierte Reaktorkonzepte, deren Apparative Umsetzung und Wirtschaftlichkeit einschätzen und sind in der Lage diese in die Praxis zu überführen</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Verweilzeitmodellierung in technischen Reaktoren</li><li>• Reaktormodellierung (Schwerpunkt: 2D)</li><li>• Mehrphasige Reaktionssysteme<ul style="list-style-type: none"><li>○ heterogen katalysierte Gasphasenreaktionen, z.B. Festbett- und Wirbelschichtreaktoren</li><li>○ Gas-Flüssig-Reaktionen, z.B. Blasensäulen</li><li>○ Dreiphasenreaktoren, z.B. Trickle beds</li></ul></li><li>• Polymerisationsreaktionen und -prozesse</li><li>• Innovative integrierte Reaktorkonzepte<ul style="list-style-type: none"><li>• Reverse-Flow-Reaktoren,                      Reaktivdestillation,                      Reaktionschromatographie, Membranreaktoren</li></ul></li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Chemie, Stoff- und Wärmeübertragung, Reaktionstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 5 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. A. Seidel-Morgenstern / M. Sc. Gerlach, FVST



**Literaturhinweise:**

- O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, John Wiley & Sons, 1999
- Westerterp, van Swaaij, Beenackers, Chemical reactor design and operations, Wiley, 1984
- M. Baerns, H. Hofmann, A. Renken, Chemische Reaktionstechnik, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1999
- Winnacker-Küchler. Hrsg. von Roland Dittmeyer, Chemische Technik: Prozesse und Produkte, Weinheim, Wiley-VCH, 2005
- G. Ertl, H. Knözinger, F. Schüth, J. Weitkamp, Handbook of Heterogeneous Catalysis, Wiley VCH, 2008
- H. Schmidt-Traub, A. Górak, Integrated reaction and separation operations : modelling and experimental validation, Springer Verlag Berlin, 2006
- Sundmacher, Kienle, Seidel-Morgenstern, Integrated Chemical Processes, Wiley, 2005

**6.35. Strukturaufklärung – Blockseminar**

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Strukturaufklärung –Blockseminar
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Das Modul vertieft die grundlegenden theorieorientierten Kenntnisse aus dem Pflichtmodul „Produktcharakterisierung: Struktur-Eigenschafts-Beziehungen“. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, analytische Ergebnisse selbstständig auszuwerten. Im Sinne der Absicherung von Erkenntnissen zu Aufbau und Struktur der Analysesubstanzen werden sie befähigt, sinnvolle Kombinationen von Analysemethoden auszuwählen und im Zusammenhang zu interpretieren. Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, durch methodenübergreifende Anwendung ihrer Kenntnisse aus dem komplexen Bereich der Analytik, abgesicherte Stoffdaten für wissenschaftliche Arbeiten erstellen zu können.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Interpretation ein- und zweidimensionaler NMR-Spektren anhand markanter NMR-spektroskopischer Parameter</li><li>• Diskussion höherer Spinsysteme</li><li>• Interpretation von EI - Spektren auf der Basis der wichtigsten Fragmentierungsregeln</li><li>• Kristallzüchtung, Auswahl der Kristalle, Röntgenbeugung an Atomen und Kristallen, Strukturlösung und –verfeinerung</li><li>• Röntgenpulverdiffraktometrie: Besonderheiten/Optionen und Fallen bei der Messung von Pulverproben; Präparation und Messung von Pulverproben mit unterschiedlichen Probenträgern in Reflexions- und Transmissionsgeometrie; Thermodiffraktion; Auswertung der Daten: Indizierung, qualitative Phaseanalyse, quantitative Phasenanalyse (mit und ohne Rietveld-Methode), Bestimmung eines thermischen Ausdehnungskoeffizienten, Partikelgrößenbestimmung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Seminar und praktische Übungen; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> abgeschlossene Lehrveranstaltungen im Bachelorstudiengang MSPG; erfüllte Auflagen bei Absolventen ähnlicher Bachelorstudiengänge; Das WPF kann parallel zum PF „Produktcharakterisierung: Struktur-Eigenschafts-Beziehungen“ oder im Anschluss an dieses PF gewählt werden.
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> LN (benotet) / 4 CP Der benotete LN wird auf der Grundlage einer Belegarbeit erteilt. Hierfür bearbeiten die Studierenden eine komplexe analytische Fragestellung unter Nutzung von mindestens zwei analytischen Methoden des Moduls.
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. S. Busse <b>weitere Lehrende:</b> Dr. L. Hilfert



**Literaturhinweise:**

- Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie; Hesse, Meier, Zeeh; Thieme
- Interpretation von Massenspektren; Mc Lafferty, Turecek; Spektrum
- Ein- und Zweidimensionale NMR-Spektroskopie, VCH, H. Fribolin
- NMR-Spektren richtig auswerten, Springer, Meusinger



### 6.36. Sustainability Assessment (LCA) for Biofuels

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Module:</b> Sustainability Assessment (LCA) for Biofuels
<b>Objectives (Skills):</b> <p>The students will get an overview of the sustainability assessment methodologies. They will learn the theoretical background and the standardized procedures to carry out a life cycle assessment (LCA). The phases (goal and scope, inventory analysis, impact assessment and interpretation and evaluation) in a life cycle assessment (LCA) will be declared in detail. The importance of product system definition and functional unit will be worked out. With the help of examples the students will acquire skills to define the system boundaries, to apply the cut-off rules. Furthermore, the students will learn the principles how to allocate the interventions or expenditures in a case of a multiproduct system and how to use the credit method. The use of flow sheet simulation tools will be taught to quantify the energy and mass flows for chemical production processes. The impact categories will explained and the students will learn to how to select appropriate and relevant impact categories in different types of product systems. The evaluation of the results and the differences between attributional and consequential LCA will be learned.</p> <p>The thermochemical and biotechnological production processes for renewable fuels and chemicals will be elucidated as case examples for LCA. Beyond the sustainability aspects the students will learn the process limitations and technical challenges for various raw materials (e.g. starch vs. lignocellulosic platforms). Finally the students learn the principles of an exergy analysis.</p> <p>As another component the course brings the students the skills of searching and collecting scientific peer-reviewed information with the citation on-line database Scopus. They will learn to analyse and critically review the scientific publications, and to report scientific published information appropriately.</p>
<b>Content:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Sustainability and the principles of sustainable development.</li><li>2. The overview of Life Cycle Assessment (LCA) and the phases</li><li>3. Inventory and energy analysis, system boundaries, cut-off rules, allocation rules for multiproduct systems.</li><li>4. Impact assessment, the input- output related categories,</li><li>5. Reporting, interpretation, evaluation and critical review. Attributional and consequential LCA.</li><li>6. Ethanol production processes (starch and sugar and lignocellulosic based platform)</li><li>7. Thermochemical processes: BTL, biomass gasification, pyrolysis and Fischer-Tropsch</li><li>8. Algae biomass utilization, transesterification of triglycerides, anaerobic digestion</li><li>9. Introduction to exergy analysis</li></ol>
<b>Teaching:</b> Lectures and a guided scientific literature search and a preparation of a literature survey.
<b>Prerequisites:</b> Basic courses of chemistry and chemical engineering (Bachelor level)
<b>Workload:</b> presence: 28 hours (2 SWS), survey: 14 hours (1 SWS)
<b>Examinations/Credits:</b> written exam / 4 CP



**Responsible Lecturer:**

Dr. Techn. L. Rihko-Struckmann, MPI Magdeburg

**Literaturhinweise:**

lecture notes (free to download)



### 6.37. Technische Kristallisation

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung

**Modul:**

Technische Kristallisation

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Kristallisation zählt zu den thermischen Grundoperationen der Verfahrenstechnik, die klassischerweise insbesondere der Stofftrennung dienen. Die Gewinnung einer reinen kristallinen Substanz ist jedoch nur eine der Aufgabenstellungen von Kristallisationsverfahren. Weitere Ziele sind Aufkonzentrierung und Reinigung von Lösungen, Rückgewinnung von Lösemittel sowie Produktdesign. Bei Letzterem geht es darum, definierte Feststoffeigenschaften (u.a. Korngröße und -form) für die jeweilige Produktapplikation bereitzustellen.

Massenkristallisation und Einkristallzüchtung sind aus der industriellen Praxis nicht mehr wegzudenken und finden vielfältige Einsatzfelder, z.B. in den Bereichen Düngemittel, Life Science (Pharma, Lebensmittel, Agrochemie), Umwelt und Elektronik/Energietechnik. Die Kristallisation ist damit ein sehr interdisziplinäres Fachgebiet.

Die LV ist so konzipiert, dass aufbauend auf den thermodynamischen und kinetischen Grundlagen, verfahrens- und apparatetechnische Aspekte, wichtige praxisrelevante Aufgabenstellungen und deren Lösung (Produktdesign, Aufreinigung) sowie abschließend mit der KCI-Gewinnung ein industrielles Gesamtverfahren behandelt werden.

**Inhalt**

1. Einführung in die Kristallisationswelt
  - Kristallisation: Allgemeines, Ziele & Bedeutung, Prozess & Produkt
  - Systematisierung und Eingrenzung der in der LV behandelten Aspekte
2. Kristallografische Grundlagen
  - Kristalle & fester Aggregatzustand, Grundkonzepte der Kristallchemie
  - Röntgenbeugung zur Untersuchung kristalliner Materialien
3. Fest/flüssig-Gleichgewichte, Phasendiagramme: Bedeutung, Vermessung, Anwendung
  - Thermodynamische Grundlagen
  - Schmelzgleichgewichte
  - Lösungsgleichgewichte
4. Kristallisationskinetik: Untersuchung und Beschreibung
  - Kristallisationsmechanismen und metastabiler Bereich
  - Einfluss von Fremdstoffen
  - Populationsbilanzen
5. Polymorphie: Grundlagen, Bedeutung und Untersuchung
6. Kristallisationsverfahren: Von der Löslichkeit zur Fahrweise
  - Zielgrößen & Prozesskette
  - Batch- und kontinuierliche Kristallisation
  - Beeinflussung der Korngröße
7. Apparate und Anlagen
  - Grundbauarten industrieller Kristallisatoren
  - Vom Kristallisor zur Anlage
8. Aufreinigung bei der Kristallisation
  - Mechanismen
  - Verteilungskoeffizient und Minimierung des Einbaus von Verunreinigungen
9. Industrielles Beispiel: Heißlöseverfahren zur Gewinnung von KCI

**Lehrformen:**

Vorlesung / Seminare



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Thermodynamik, Reaktionstechnik, Chemie

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

apl. Prof. H. Lorenz, MPI Magdeburg

**Literaturhinweise:**

- Gnielinski, V., Mersmann, A., Thurner, F. (1993): *Verdampfung, Kristallisation Trocknung*, Vieweg Braunschweig
- Kleber, W., Bautsch, H.-J., Bohm, J. (1998): *Einführung in die Kristallographie*, 18. Aufl., Verlag Technik Berlin
- Hofmann, G. (2004): *Kristallisation in der industriellen Praxis*, Wiley-VCH Weinheim
- Beckmann, W. (Ed.) (2013): *Crystallization – Basic Concepts and Industrial Applications*, Wiley-VCH Weinheim
- Mullin, J. W. (1997): *Crystallization*, 3<sup>rd</sup> ed., Butterworth-Heinemann Oxford
- Mersmann, A. (2001): *Crystallization technology handbook*, 2<sup>nd</sup> ed., Marcel Dekker Inc. New York



**6.38. Technology and Innovation Management in the Biotech Industry**

<b>Course:</b> Selective Module Master of Science in Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Module:</b> Technology and Innovation Management in the Biotech Industry
<b>Objectives:</b> Participants receive insight into Technology and Biotech Manufacturing Process Lifecycle Management in the Pharmaceutical Industry. Based on lectures they will understand specific topics of biotech industry including tech transfers, general principles, characterization methods including regulatory, technical, quality and business perspectives. Case studies simulating “real industry life” will enable students to obtain an end to end view on commercial manufacturing, challenges and current practices incl. quality, regulatory, business and innovation aspects. Taken together, student will be able to apply the basic principles and interactions of quality, business process management, operational excellence, technology management and supply chain management.
<b>Contents:</b> <b>Technology Transfer, Equipment Characterization and Scale Up:</b> Basic principles, risk management, facility fit /process adaptations, regulatory perspectives, business aspects, Basic scale up principles equipment characterization, tools for trouble shooting and risk mitigation, practical examples of upstream and downstream steps <b>Introducing New Technologies and Existing Processes:</b> Selected principles of technology & innovation management, technology roadmaps organizational aspects, change management, statistical process control and data analysis <b>Regulatory and Quality Aspects:</b> Regulatory agencies, current guidelines, QA/ QC aspects, risk management, IPC control product characterizations, process validation and Quality by design <b>Operational Excellence and Supply Chain Management Aspects:</b> Challenges in manufacturing, Basics of business process management, operational excellence, problem solving approaches (DMAIC), From development to launch; supply chain examples and risk mitigations, , facility utilization, challenges in the pharmaceutical industry <b>Case Study:</b> As a member of the Manufacturing Science and Technology group of a global pharmaceutical company, you are tasked to transfer a manufacturing process from Penzburg, Germany, to your facility in Oceanview, CA, USA. The product “ <i>Exemplizumab</i> ” is an upcoming blockbuster with estimated sales over 3 bn USD revenue and critical to the future of the company. After launch 2 years ago the product is currently sole sourced out of Penzburg. Due to recent catastrophic event the facility in Penzburg was shut down and the management decided to establish a second supplier. The project timelines and budget is challenging. Since the product was licensed from a 3 <sup>rd</sup> party some unit operations are not comparable to your existing platform – process/ facility changes have to be implemented as a result. You will perform facility fit/ scale up and trouble shoot issues during manufacturing The analysis, progress and success need to be presented to executive Vice President.
<b>Teaching:</b> Lecture including several case studies and practical examples
<b>Prerequisites:</b> Study courses of B.Sc.: Biochemical Engineering
<b>Workload:</b> 2 SWS (28 h of lectures, including graded case studies; 62 h self-dependent studies)
<b>Examinations/Credits:</b> Participation in case studies / 3 CP
<b>Responsible module:</b>



Prof. U. Reichl, FVST

**Responsible lectures:**

Dr. M. Pohlscheidt, Genentech Inc.

**Literature:**

**Munos, B.**, *Lessons from 60 years of Pharmaceutical Innovation*. Nature Reviews, 2009; 8:959-968.

**Shukla A, Thömmes J**, *Recent Advances in Large-Scale Production of Monoclonal Antibodies and Related Proteins*. Trends in Biotechnology. 2010; 28:253 – 261.

**Pohlscheidt et al.** *Avoiding Pitfalls during Technology Transfer of Cell Culture Manufacturing Processes in the Pharmaceutical Industry – Mitigating Risk and Optimizing Performance*, Pharmaceutical Outsourcing, Vol 14 (2) April 2013, pp. 34-48



### 6.39. Totalsynthese von Naturstoffen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Totalsynthese von Naturstoffen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Nach einer kurzen Reaktivierung zu den Inhalten der Vorlesungen im Grund- und Hauptstudium werden in diesem Modul Kenntnisse zu einer speziellen Gruppe von Substanzen, den Naturstoffen, vermittelt. Die Studierenden werden befähigt Strategien zur Entwicklung komplexer Naturstoffsynthesen zu finden und trainieren diese Fähigkeit an ausgewählten Beispielen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kurze Wiederholung Reaktivität, Bindungs-Theorie, Org.-Chem. Grundreaktionen</li><li>• Strategien zur Entwicklung komplexer Naturstoffsynthesen</li><li>• Retrosynthese</li><li>• Ausgewählte Synthesen: Makrolide, Terpene, Alkaloide</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> abgeschlossene LV „Moderne Synthesemethoden“
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Schinzer, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Neue Arbeiten aus Zeitschriften



#### 6.40. Toxikologie und Gefahrstoffe

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Toxikologie und Gefahrstoffe
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse auf den Gebieten der allgemeinen und speziellen Toxikologie sowie eine Einführung in das Gefahrstoffrecht. Sie sind in der Lage toxikologische Risiken unter Einbeziehung der erlernten Grundkenntnisse zu erkennen und zu bewerten.
<b>Inhalt</b> <b>Toxikologieteil:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Einführung in die Toxikokinetik und –dynamik (Resorption, Verteilung, Speicherung, Stoffwechsel und Ausscheidung von Fremdstoffen)</li><li>➤ Vorstellung toxikologischer Wirkprinzipien und der chemischen Kanzerogenese</li><li>➤ Wirkcharakteristika ausgewählter Stoffklassen (Lösungsmittel, Umweltschadstoffe, Metalle, Stäube, PAK, Dioxine ...)</li></ul> <b>Gefahrstoffteil:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gefahrstoff- und Chemikalienrecht</li><li>➤ Stör- und Gefahrstoffverordnung</li><li>➤ CLP-Verordnung</li><li>➤ Gefährdungsbeurteilungen nach GefStoffV</li><li>➤ Transport gefährlicher Güter</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, 2SWS; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS Präsenzzeit: 28h, Selbststudium: 62h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. L. Hilfert, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> [1] Manuskript der Vorlesung [2] Fuhrmann, G.F.: Toxikologie für Naturwissenschaftler, Teubner 2006 [3] Marquardt, H; Schäfer, S.G.: Lehrbuch der Toxikologie, Spektrum Akadem. Verlag, Berlin 1997



## 6.41. Trocknungstechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Trocknungstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die bei unterschiedlichen Trocknungsprozessen ablaufenden Wärme- und Stofftransportvorgänge und kennen die wesentlichen Ansätze zu deren Berechnung. Sie verstehen die Arten der Bindung der Flüssigkeiten an Feststoffe. Die wichtigsten Trocknertypen aus der industriellen Anwendung sind den Studenten bekannt. Sie können die wesentlichen Vor- und Nachteile der verschiedenen Trocknungsapparate für feste, flüssige und pastenförmige Güter und deren Funktionsweise erläutern und bewerten. Neben den klassischen Trocknungsmethoden (konvektiv, Kontakt) sind den Studenten auch Gefriertrocknung und Mikrowellentrocknung als alternative Verfahren bekannt. Die Studenten kennen verschiedene Messmethoden zur Bestimmung von Abluftfeuchten und Produktfeuchten und können deren Vor- und Nachteile erläutern. Die Studenten sind in der Lage, insbesondere den Energieverbrauch bei den verschiedenen Trocknungsarten und deren apparativer Realisierung zu berechnen und zu bewerten. Sie haben durch ein Laborpraktikum im Trocknungslabor direkten Einblick in Verfahrensabläufe und Messmethoden.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Arten der Bindung der Flüssigkeit an ein Gut, Kapillarverhalten, ideale und reale Sorption, Sorptionsisothermen</li><li>2. Eigenschaften feuchter Gase und deren Nutzung für die konvektive Trocknung</li><li>3. Theoretische Behandlung realer Trockner: einstufig, mehrstufig, Umluft, Inertgaskreislauf, Wärmepumpe, Brüdenkompression</li><li>4. Kinetik der Trocknung, erster und zweiter Trocknungsabschnitt, Diffusion an feuchten Oberflächen, Stefan- und Ackermannkorrektur, normierter Trocknungsverlauf</li><li>5. Konvektionstrocknung bei örtlich und zeitlich veränderlichen Luftzuständen</li><li>6. Bauarten, konstruktive Gestaltung und Berechnungsmöglichkeiten ausgewählter Trocknertypen, wie Kammertrockner, Wirbelschichttrockner, Förderlufttrockner, Trommeltrockner, Zerstäubungstrockner, Bandtrockner, Scheibentrockner, Gefriertrockner, Mikrowellentrockner u.a.</li><li>7. Messmethoden zur Bestimmung der Abluftfeuchte und Produktfeuchte, wie Taupunktspiegel, Coulometrie, TGA, NIR u.a.</li><li>8. Exemplarische Berechnung und apparative Gestaltung ausgewählter Trockner</li><li>9. Laborpraktikum</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (Präsentation), Übungsbeispiele, Skript, Laborpraktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagen der Verfahrenstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. N. Vorhauer-Huget, FVST



**Literaturhinweise:**

E. Tsotsas, S. Mujumdar: Modern Drying Technology, Wiley-VCH 2007; Krischer/ Kröll/Kast: „Wissenschaftliche Grundlagen der Trocknungstechnik“ (Band 1) „Trockner und Trocknungsverfahren“ (Band 2), „Trocknen und Trockner in der Produktion“ (Band 3), Springer-Verlag 1989; H. Uhlemann, L. Mörl: „Wirbelschicht-Sprühgranulation“, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg New-York 2000; eigene schriftliche Vorlesungshilfen



## 6.42. Wirbelschichttechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung
<b>Modul:</b> Wirbelschichttechnik (Aussetzung bis auf Weiteres)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die Mechanismen, die für das Zustandekommen von Wirbelschichten verantwortlich sind. Sie können die verschiedenen Arten der Feststofffluidisierung vom Festbett bis zur Flugstaubwolke unterscheiden und kennen die wichtigsten Gesetzmäßigkeiten der Berechnung der Einzelvorgänge. Sie können für beliebige Partikelsysteme den pneumatischen Existenzbereich der Wirbelschicht, deren relatives Lückenvolumen, den Druckverlust und die Höhe der Schicht berechnen. Sie sind in der Lage, den Wärme- und Stofftransport in Wirbelschichten zwischen fluidem Medium und Feststoff und zwischen Wirbelschicht und Heizflächen zu berechnen und energetisch zu bewerten. Besondere Fähigkeiten besitzen die Studierenden im Verständnis der in Wirbelschichten realisierten partikelbildenden Prozess wie Agglomeration, Granulation oder Coating und der Berechnung der zugehörigen Apparate sowohl für kontinuierlichen als auch Batch-Betrieb. Anhand der Berechnung von konkreten Beispielen haben die Studenten gelernt, ihr theoretisches Wissen praxisnah anzuwenden. Sie besitzen durch eine Exkursion in eine Wirbelschicht-Kaffee-Röstanlage (Kaffeewerk Röstfein Magdeburg) direkten Einblick in die Betriebsabläufe und die Funktionsweise von Wirbelschicht-Röst- und Kandieranlagen.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Arten von Wirbelschichten, Geldart-Klassifikation, Hydrodynamik und Existenzbereich von Wirbelschichten, Blasenbildung in Wirbelschichten, Anströmböden von Wirbelschichten</li><li>2. Wärmetransport in Wirbelschichten, kontinuierliche und diskontinuierliche Wärmeübertragung zwischen Fluiden und dispersen Materialien, Wärmeübertragung Wirbelschicht-Heizfläche</li><li>3. Stoffübertragung in Wirbelschichten, Modell PFTR und CSTR mit und ohne Bypass, diskontinuierliche und kontinuierliche Wirbelschichttrocknung</li><li>4. Stoff- und Wärmeübertragung in rinnenförmigen Wirbelschichtapparaten, konstruktive Gestaltung und Regelung von Wirbelschichttrinnen</li><li>5. Berechnung und konstruktive Gestaltung von Apparaten zur Röstung körniger Güter</li><li>6. Modellierung der Wirbelschichtsprühgranulation in Gasen und im überhitzten Wasserdampf, Erläuterung der Populationsbilanzen für die Sprühgranulation, konstruktive Gestaltung von Wirbelschicht-Sprühgranulatoren in diskontinuierlicher und kontinuierlicher Fahrweise</li><li>7. Wirbelschichten mit Gas- und Dampfkreisläufen zur Wärmerückgewinnung, zirkulierende Wirbelschichten</li><li>8. Einsatz der Wirbelschichttechnik für Adsorption und katalytische Reaktionen</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (Präsentation), Übungsbeispiele, Skript, Exkursion; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagen der Verfahrenstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP



**Modulverantwortlicher:**  
Prof. E. Tsotsas, FVST

**Literaturhinweise:**

Uhlemann/Mörl, „Wirbelschicht-Sprühgranulation“, Springer-Verlag, 2000; Verfahrenstechnische Berechnungsmethoden, Teil 2 „Thermisches Trennen“, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart 1996; Salman, Hounslow, Seville, „Granulation“, Elsevier-Verlag 2007; Easy Coating, Verlag Vieweg und Teubner 2011.