

**Modulhandbuch für den**

**Studiengang**

**Verfahrenstechnik**

Stand: 01.04.2023



## Inhaltsverzeichnis

1	Konzept unserer verfahrenstechnischen Ausbildung .....	4
1.1	Verfahrenstechnik als Ingenieurdisziplin .....	4
1.2	Das Studienkonzept .....	4
2	Beschreibung der Ziele des Studienganges.....	4
2.1	Ziele der verfahrenstechnischen Ausbildung .....	4
2.2	Ziele des Bachelorstudienganges Verfahrenstechnik .....	5
2.3	Ziele des Masterstudienganges Verfahrenstechnik .....	6
3	Bachelorstudiengang Verfahrenstechnik, 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
	Naturwissenschaften .....	11
3.5.	Physik .....	11
3.6.	Anorganische Chemie .....	12
3.7.	Organische Chemie .....	15
3.8.	Physikalische Chemie .....	17
3.1.	Technische Darstellungslehre .....	19
	Technische Mechanik I .....	20
3.2.	Technische Mechanik 2/3.....	21
3.3.	Grundlagen der Maschinenelemente .....	22
3.4.	Werkstoffe 1.....	23
3.5.	Werkstoffe 2.....	24
3.6.	Allgemeine Elektrotechnik 1 .....	25
3.7.	Allgemeine Elektrotechnik 2 .....	26
3.8.	Technische Thermodynamik .....	27
3.9.	Strömungsmechanik.....	29
3.10.	Regelungstechnik .....	30
3.11.	Messtechnik.....	31
3.12.	Prozessdynamik I .....	33
3.13.	Wärme- und Stoffübertragung .....	34
3.14.	Gemisch- und Grenzflächenthermodynamik .....	36
3.15.	Mechanische Verfahrenstechnik .....	38
3.16.	Apparatetechnik.....	40
3.17.	Thermische Verfahrenstechnik.....	42
3.18.	Reaktionstechnik .....	44
3.19.	Chemische Prozesse und Anlagen .....	46
3.20.	Bioverfahrenstechnik .....	47
3.21.	Praktikum Verfahrenstechnik.....	50
3.22.	Verfahrenstechnische Projektarbeit.....	51
3.23.	Nichttechnische Fächer .....	52
3.24.	Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag.....	53
3.25.	Bachelorarbeit.....	55
4.	Masterstudiengang Verfahrenstechnik, Pflichtmodule .....	56
4.1.	Dynamik komplexer Strömungen .....	56
4.2.	Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen .....	57
4.3.	Simulation mechanischer Prozesse .....	59
4.4.	Systemverfahrenstechnik .....	61
4.5.	Transport phenomena in granular, particulate and porous media .....	62
4.6.	Nichttechnische Fächer .....	63
4.7.	Masterarbeit.....	64
5.	Masterstudiengang Verfahrenstechnik, Wahlpflichtmodule .....	65
5.1.	Advanced Process Systems Engineering .....	65
5.2.	Analysis and Design of Experiments .....	66



5.3. Anlagen- und Apparatebau in der Feststoff-Verfahrenstechnik: Auslegung, Umsetzung und Problemlösung .....	67
5.4. Aufklärung und Modellierung von Reaktionsmechanismen in der Katalyse (ab WiSe 2023 - MB wird nachgereicht) .....	69
5.5. Basic principles of Process Safety (ab SoSe 2024 – MB wird nachgereicht) .....	70
5.6. Charakterisierung von Festkörperkatalysatoren und Adsorbenzien .....	71
5.7. Computational Fluid Dynamics .....	72
5.8. Einsatz von Mikrowellen und Ultraschall in der Verfahrens- und Umwelttechnik .....	73
5.9. Electrochemical Process Engineering .....	74
5.10. Fuel Cells .....	75
5.11. Integrierte innovative Reaktorkonzepte .....	77
5.12. Kältetechnik .....	79
5.13. Modellierung und Simulation der biologischen Prozesse in Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen.....	80
5.14. Modellierung von Bioprozessen .....	82
5.15. Molekulares Modellieren.....	84
5.16. Nachhaltige Prozesstechnik für nachwachsende Rohstoffe und CO <sub>2</sub> für die Chemie-Produktion (bisher Chemische Prozesskunde).....	85
5.17. Physikalische Chemie II .....	88
5.18. Plant and apparatus engineering in solid-state process engineering: design, implementation and problem-solving .....	90
5.19. Product quality in the chemical industry .....	92
5.20. Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie .....	93
5.21. Projektarbeit Verfahrensplanung .....	94
5.22. Prozesssimulation (mit ASPEN) .....	96
5.23. Rheologie und Rheometrie .....	97
5.24. Technische Kristallisation .....	99
5.25. Toxikologie und Gefahrstoffe.....	101
5.26. Trocknungstechnik.....	102



# 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 „Verfahrenstechnik“ ist Bestandteil eines ganzheitlichen Magdeburger Konzepts verfahrenstechnischer Studiengänge. Dieses Studium hier in Magdeburg zeichnet sich durch die komplexe inhaltliche, multiskalige und interdisziplinäre Verknüpfung aller Teilbereiche der Ingenieursausbildung aus. Ausgangspunkt ist dabei die Vermittlung eines soliden Grundlagenwissens und detaillierten Verständnisses der physikalischen, chemischen und biochemischen Grundvorgänge. Darauf aufbauend werden alle ein Verfahren (System) ausmachenden Elemente (Prozesse, Teilprozesse, Mikroprozesse, elementaren Grundvorgänge) und deren Zusammenwirken in einer ganzheitlichen Analyse betrachtet. In die Problemlösung und Synthese werden methodische Konzepte aus der Systemtechnik und Signalverarbeitung einbezogen. Weiterhin wird zunehmend die Wandlung biologischer Systeme untersucht, um von den in der Natur entwickelten effizienten Prozessen des Signalfusses und der Signalverarbeitung lernen zu können.

# 2 Beschreibung der Ziele des Studienganges

## 2.1 Ziele der verfahrenstechnischen Ausbildung

Die Verfahrenstechnik ist die Ingenieurwissenschaft, die sich mit der Erforschung, Entwicklung, Gestaltung und Durchführung von technischen Prozessen und Verfahren befasst, in denen gasförmige, flüssige und feste Stoffe in ihren Eigenschaften und ihrer Struktur verändert, gewandelt und umgewandelt werden. Verfahrensingenieure übertragen die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse und die Ergebnisse von Laborversuchen in den Produktionsmaßstab. Das Studium basiert auf einem breiten Verständnis der Naturwissenschaften (Physik, Chemie) und der Mathematik. Diese Grundlagen werden angewendet und weiterentwickelt, um die Prozesse der mechanischen, thermischen und chemischen Stoffwandlung zu verstehen und aktiv zu gestalten. Der Studiengang Verfahrenstechnik zielt auf die Befähigung zur multiskaligen Modellierung und Simulation technischer Prozesse auf verschiedenen skalierten, mikroskopischen bis makroskopischen Betrachtungsebenen. Studieninhalt ist die Erarbeitung und Vermittlung umfangreicher



Kompetenzen in der physikalisch begründeten Auslegung von Prozessen und Verfahren, Apparaten und Anlagen der Stoffwirtschaft.

**Mögliche Berufs- und Einsatzfelder:**

Chemische und pharmazeutische Industrie, Futter-, Nahrungs- und Genussmitteltechnik, Werkstofftechnik, Apparate-, Maschinen- und Anlagenbau, Gebäudetechnik, Wärme- und Kältetechnik, Medizinische Technik usw.

**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 Verfahrenstechnik ist konsekutiv aufgebaut: nach dem berufsqualifizierenden Bachelorabschluss wird ein fortführendes Masterstudium angeboten.

**2.2 Ziele des Bachelorstudienganges Verfahrenstechnik**

Der Studiengang Verfahrenstechnik ist modular aufgebaut. In der Regelstudienzeit von 7 Semestern sind 210 Creditpoints zu erwerben.

Im Bachelorstudiengang werden die Grundlagen in den wesentlichen ingenieurwissenschaftlichen und technischen Fächern über einen vergleichsweise hohen Anteil an Pflichtveranstaltungen vermittelt. 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 der Verfahrenstechnik zur Problemlösung anzuwenden. Der Ingenieurstudiengang liefert den Studenten die notwendigen Grundlagen und Fähigkeiten, um im Masterstudiengang Verfahrenstechnik 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	Mechanik	Reaktionstechnik	
Physik	Strömungen	Mechanische Verfahrenstechnik	<b>Industriepraktikum</b>
Chemie	Thermodynamik	Thermische Verfahrenstechnik	
Physikalische Chemie	Werkstoffe	Apparatetechnik	<b>Bachelorarbeit</b>
	Informationen	Anlagentechnik	
	Simulationen		



### 2.3 Ziele des Masterstudienganges Verfahrenstechnik

Neben einem vergleichsweise geringen Anteil an Pflichtveranstaltungen 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.

Die Studenten des Masterstudienganges erwerben die umfangreichen Kompetenzen zur Erkennung und insbesondere zur effektiven Lösung verfahrenstechnischer Probleme mit *neuen methodischen Werkzeugen*. Die Absolventen können stoffliche Produkte, Prozesse (Apparate, Maschinen), Verfahren (Anlagen) eigenverantwortlich entwickeln sowie stoffwirtschaftliche Betriebe effizient planen, gestalten, optimieren und technisch bewerten. 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>	
Reaktionstechnik	
Verfahrenstechnik	
Systemtechnik	
	<b>Masterarbeit</b>
<b>Technische und nichttechnische Wahlpflichtfächer</b>	



### 3 Bachelorstudiengang Verfahrenstechnik, Pflichtmodule

#### Mathematik

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

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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>• Grundlagen der Stochastik und Statistik</li><li>• Grundlagen der eindimensionalen Analysis</li><li>• Anwendungen der eindimensionalen Analysis</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Globalübung, Gruppenübung, selbständige Arbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit Teil 1a: 3 SWS Vorlesung, 2 SWS Globalübung, 1 SWS Gruppenübung (WiSe) Präsenzzeit Teil 1b: 3 SWS Vorlesung, 2 SWS Globalübung, 1 SWS Gruppenübung (SoSe) Selbststudium: Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltungen, Prüfungsvorbereitung 2 Semester, Beginn WiSe
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Prüfungsvorleistung: Bekanntgabe zu Beginn der Lehrveranstaltung K120 / 10 CP (Notenskala gemäß Prüfungsordnung)
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. V. Kaibel, Prof. T. Richter, Prof. M. Simon, FMA
<b>Literaturhinweise:</b> Bekanntgabe zu Beginn der Lehrveranstaltung



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

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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>• Fortgeschrittene Anwendungen der eindimensionalen Analysis</li><li>• Grundlagen der mehrdimensionalen Analysis</li><li>• Anwendungen der mehrdimensionalen Analysis</li><li>• Anwendungen der linearen Algebra</li><li>• Numerische Aspekte</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Globalübung, selbständige Arbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Kenntnisse der Inhalte des Moduls Mathematik 1 für Ingenieure (Stg A)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit Teil 2a: 3 SWS Vorlesung, 2 SWS Globalübung, 1 SWS Gruppenübung (WiSe) Präsenzzeit Teil 2b: 3 SWS Vorlesung, 2 SWS Globalübung, 1 SWS Gruppenübung (SoSe) Selbststudium: Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltungen, Prüfungsvorbereitung 2 Semester, Beginn WiSe
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Prüfungsvorleistung: Bekanntgabe zu Beginn der Lehrveranstaltung K 120 / 10 CP (Notenskala gemäß Prüfungsordnung)
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. V. Kaibel, Prof. T. Richter, Prof. M. Simon, FMA
<b>Literaturhinweise:</b> Bekanntgabe zu Beginn der Lehrveranstaltung





### 3.3. Stochastik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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
<b>Literaturhinweise:</b>



### 3.4. Simulationstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Simulationstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> In dieser Vorlesung erlangen die Studenten die Fähigkeit, 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
<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
<b>Literaturhinweise:</b> Benker, Mathematik mit MATLAB : Eine Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer 2000, Bungartz Modellbildung und Simulation Springer 2009.



## Naturwissenschaften

### 3.5. Physik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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
<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. R. Goldhahn, FNW



### 3.6. Anorganische Chemie

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Anorganische Chemie</b>
<i>Englischer Titel</i>	<i>Inorganic Chemistry</i>
<i>Modulniveau nach DQR</i>	Niveaustufe 6 (Bachelorniveau)
<i>Modulnummer</i>	
<i>Untertitel</i>	
<i>Lehrveranstaltungen</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Vorlesung Allgemeine und Anorganische Chemie</li><li>▶ Übung Anorganische Chemie</li><li>▶ Praktikum mit begleitendem Seminar Anorganische Chemie</li></ul>
<i>empfohlenes Studiensemester</i>	1. Semester
<i>Häufigkeit des Angebots/ Angebotsturnus</i>	einmal jährlich
<i>Modulverantwortliche:r</i>	Dr. V. Lorenz
<i>Dozent:in</i>	Dr. V. Lorenz
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Studiengang/ Curriculum / Verwendbarkeit des Moduls</i>	Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<i>Lehrform und SWS</i>	Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS), Praktikum mit begleitendem Seminar (1 SWS)
<i>Arbeitsaufwand</i>	Präsenzzeit/Selbststudium 56 Std. / 124 Std.
<i>Dauer des Moduls</i>	1 Semester
<i>Credit Points (CP)</i>	6
<i>Voraussetzung für die Vergabe von CP</i>	Prüfungsklausur, Praktikumsschein (Praktikumsleistungen + Praktikumsklausur)
<i>Teilnahmevoraussetzungen</i>	-
<i>Empfehlungen für die Teilnahme</i>	Es wird empfohlen in der ersten Veranstaltung anwesend zu sein, um die Zugänge zum E-Learning und prüfungsrelevante Informationen zu erhalten.



*Modulziele / angestrebte  
Lernergebnisse / Learning  
Outcomes*

- ▶ 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. Aufbau der Materie, Atomaufbau, Kernreaktionen, Radioaktivität, Bohrsches Atommodell, Quantenzahlen, Orbitale (s, p, d), Pauli-Prinzip, Hund'sche Regel, Struktur der Elektronenhülle,
2. Mehrelektronensysteme, Periodensystem der Elemente, Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität, Ionenbindung,
3. Atombindung (kovalente Bindung), Lewis-Formeln, Oktettregel, dative Bindung, Valenzbindungstheorie (VB), Hybridisierung,  $\sigma$ -Bindung,  $\pi$ -Bindung, Mesomerie
4. Molekülorbitaltheorie (MO-Theorie), Dipole, Elektronegativität, VSEPR-Modell, Van der Waals-Kräfte, Ideale Gase, Satz von Heß, Chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Geschwindigkeit chemischer Reaktionen, Katalyse (homogen, heterogen), Ammoniaksynthese, Synthese von Schwefeltrioxid
5. Lösungen, Elektrolyte, Löslichkeitsprodukt, Säure-Base Theorie (Arrhenius) (Bronsted), pH-Wert, Oxidationszahlen, Oxidation, Reduktion, Redoxvorgänge,
6. Wasserstoff (Vorkommen, Eigenschaften, Darstellung, Verwendung), Wasserstoffverbindungen (Arten, Darstellung, Eigenschaften)
7. Edelgase (Vorkommen, Eigenschaften, Darstellung), Edelgasverbindungen
8. Halogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung), Verbindungen der Halogene, Chalkogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung), Verbindungen der Chalkogene
9. Sauerstoffverbindungen, Oxide, Hyperoxide, Gewinnung von Schwefel (Frasch-Verfahren), Schwefelverbindungen, Schwefelsäureherstellung (techn.)
10. Elemente der 5. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Stickstoff-Wasserstoffverbindungen, Ammoniaksynthese, Stickoxide, Salpetersäureherstellung
11. Elemente der 4. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen,



- Darstellung), Carbide, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Carbonate, Siliziumdioxid, Herstellung von Reinstsilizium, Silikate, Gläser
12. Elemente der 3. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung), Herstellung von Aluminium
  13. Elemente der 2. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Elemente der 1. Hauptgruppe (außer Wasserstoff) (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung), Chloralkalielektrolyse.

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

*Studien- / Prüfungsleistungen  
/ Prüfungsformen*

K 120, Praktikumsschein

*Literatur*

Erwin Riedel:

Allgemeine und Anorganische Chemie (de Gruyter Studium)

Charles E. Mortimer / Ulrich Müller:

**Chemie** – Das Basiswissen der Chemie (Georg Thieme Verlag)

E. Schweda: Jander/Blasius Anorganische Chemie I + II (Hirzel Verlag)

*Sonstige Informationen*

*Freigabe / Version*

Letzte Bearbeitung des Moduls: 08.10.2021



### 3.7. Organische Chemie

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Organische Chemie</b>
<i>Englischer Titel</i> <i>Modulniveau nach DQR</i>	<b>Organic Chemistry</b>
<i>Modulnummer</i>	
<i>Untertitel</i>	Grundlagen
<i>Lehrveranstaltungen</i>	Vorlesung Organische Chemie
<i>empfohlenes Studiensemester</i>	2-2
<i>Häufigkeit des Angebots/ Angebotsturnus</i>	Wöchentlich
<i>Modulverantwortliche:r</i>	Lehrstuhl für Organische Chemie, Prof. Dr. Julian Thiele
<i>Dozent:in</i>	Prof. Dr. Julian Thiele
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Studiengang/ Curriculum / Verwendbarkeit des Moduls</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Bachelor Berufsbildung Fach Prozesstechnik (BBB05)</li><li>▶ Biosystemtechnik (82112)</li><li>▶ Umwelt- und Energieprozesstechnik (82117)</li><li>▶ Verfahrenstechnik (82111)</li></ul>
<i>Lehrform und SWS</i>	Vorlesung 2 SWS / Übung 1 SWS / Tutorium
<i>Arbeitsaufwand</i>	3 SWS (Präsenzzeit, Selbststudium, Klausur): 56 Std., 122 Std., 2 Std. (insgesamt 180 Std.)
<i>Dauer des Moduls</i>	1 Semester
<i>Credit Points (CP)</i>	6
<i>Voraussetzung für die Vergabe von CP</i>	Bestehen der Klausur und Teilnahme am Praktikum
<i>Teilnahmevoraussetzungen</i>	keine
<i>Empfehlungen für die Teilnahme</i>	Grundlegende Kenntnisse der allgemeinen Chemie



<i>Modulziele / angestrebte Lernergebnisse / Learning Outcomes</i>	<p>Die Studierenden besitzen einen Überblick über die Grundlagen der Organischen Chemie. Sie können die Struktur von organischen Molekülen bestimmen und deren Reaktionsmöglichkeiten erkennen.</p> <p>Die Studierenden verfügen außerdem über Kenntnisse wesentlicher Reaktionskonzepte und bekannter Namensreaktionen der organischen Chemie und können diese auf andere Moleküle und Reaktionen übertragen sowie das Reaktionsgeschehen vorhersagen und interpretieren.</p>
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Struktur und Bindung organischer Moleküle</li><li>▶ Radikalische Substitution</li><li>▶ Nucleophile Substitution</li><li>▶ Eliminierungsreaktionen</li><li>▶ Additionsreaktionen</li><li>▶ Aromaten</li><li>▶ Umlagerungen</li><li>▶ Carbonylreaktionen</li><li>▶ Polymerisation</li></ul>
<i>Studien- / Prüfungsleistungen / Prüfungsformen</i>	Klausur 120 min. / Praktikumsschein
<i>Literatur</i>	KPC Vollhardt: Organische Chemie (ISBN: 978-3-527-34582-3) J Buddrus: Grundlagen der organischen Chemie (ISBN: 978-3110305593) J Clayden: Organic Chemistry (ISBN: 978-0-19-927029-3)
<i>Sonstige Informationen</i>	
<i>Freigabe / Version</i>	Letzte Bearbeitung des Moduls: 05.04.2023





### 3.8. Physikalische Chemie

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik

**Modul:**

Physikalische Chemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Ziel des Moduls ist, die Studierenden zu befähigen, 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

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mathematik I

**Arbeitsaufwand:**

5 SWS (Präsenzzeit: 70 Stunden, Selbststudium: 110 Stunden)

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / Praktikumsschein / 6 CP

**Modulverantwortlicher:**

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



## Ingenieurtechnische Grundlagen

### 3.1. Technische Darstellungslehre

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Technische Darstellungslehre
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Erlernen und Ausprägen von Fähigkeiten und Fertigkeiten zur technischen Darstellung von Produkten und deren Dokumentation</li><li>• Bestimmen von Funktion, Struktur und Gestalt technischer Gebilde (Bauteile, Baugruppen, technische Systeme)</li><li>• Erwerben von Grundkenntnissen zur normgerechten Zeichnungserstellung im Maschinenbau</li><li>• Erwerben von Grundkenntnissen der 3D-CAD-Modellierung (Volumenmodellierung, Datenaustausch und Datenmanagement, Baugruppen- und Zeichnungserstellung)</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen der Darstellung technischer Gebilde</li><li>• Grundlagen technischer Zeichnungen: Projektionsarten, Darstellung von Ansichten, Maßstäben, Linienarten und Linienstärken, Anfertigung von Handzeichnungen von Bauteilen</li><li>• Projektionsmethoden: Vorgang, Beziehungen von Punkten, Geraden und Ebenen, wahre Größen, Durchdringung und Abwicklung von Körpern</li><li>• Normgerechtes Darstellen von Formelementen an Bauteilen (z.B. Radien, Fasen, Freistich, Zentrierbohrung, Gewinde) und Maschinenelementen (z.B. Wälzlager, Zahnrad, Dichtungselemente)</li><li>• Grundlagen der Bemaßung und Bemaßungsregeln</li><li>• Gestaltabweichung: Maß-, Form- und Lageabweichungen, Tolerierungsgrundsatz, Oberflächenabweichungen</li><li>• Einführung in die Produktdokumentation</li><li>• Grundlagen der rechnerintegrierten Produktentwicklung: 3D-CAD-Systeme, Erstellen von Einzelteilen und Baugruppen, Datenaustausch und Datenmanagement, Ableitung und Vervollständigen von Baugruppen- und Einzelteilzeichnungen sowie Stücklisten</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung und vorlesungsbegleitende Übungen, selbständiges Bearbeiten von Belegaufgaben
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine (als Erasmus Austauschmodul geeignet)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übung Selbständiges Arbeiten: eigenständige Vor- und Nachbereitung der Vorlesung und Übung, Anfertigen von Belegen 1 Semester, jedes WiSe
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Prüfungsvorleistung: Bekanntgabe zu Beginn der Lehrveranstaltung Zweiteilige Prüfung: K120 und 3D-CAD-Klausur K90 / 5 CP (Notenskala gemäß Prüfungsordnung)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Beyer, FMB Weitere Lehrende: Dr. Träger, Dr. Schabacker, FMB
<b>Literaturhinweise:</b>



## Technische Mechanik I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Technische Mechanik I
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Studenten kennen die Grundbegriffe und grundlegenden Methoden der Technischen Mechanik aus den Bereichen Statik und Festigkeitslehre und können sie hinsichtlich ihrer Gültigkeit einordnen.</li><li>• Für Problemstellungen aus dem Bereich Statik und ersten Grundlagen der Festigkeitslehre sind sie in der Lage, unter Nutzung der vermittelten Prinzipien und der resultierenden Vorgehensweise Lösungen zu ermitteln, die zu analysieren und zu vergleichen.</li></ul> Nach Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden eine systematische Kompetenz zur Modellierung und Berechnung einfacher starrer Systeme unter statischen Bedingungen erworben und sich erste grundlegende Erkenntnisse im Rahmen der Festigkeitslehre erarbeitet.
<b>Inhalt:</b> Grundlagen der Statik: <ul style="list-style-type: none"><li>• ebene und räumliche Kraftsysteme, Schnittlasten an Stab- und Balkentragwerken, Reibung und Haftung, Schwerpunktberechnung</li></ul> Grundlagen der Festigkeitslehre: <ul style="list-style-type: none"><li>• Annahmen, Definition für Verformungen und Spannungen, Hookesches Gesetz, Grundbeanspruchungen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen, Übungen, selbständige Arbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlegende mathematische Kenntnisse, Mathematik 1/I (als Erasmus-Austauschmodul geeignet)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 2 SWS Vorlesung, 4 SWS Übung Selbständiges Arbeiten: Vor- und Nachbereitung der Vorlesungen und Übungen, Klausurvorbereitung 1 Semester, jedes SoSe
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Prüfungsvorleistung: Übungsschein (Zulassungsklausur, Laborübung) K120 / 5 CP (Notenskala gemäß Prüfungsordnung)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Juhre, FMB Weitere Lehrende: Prof. Juhre, FMB
<b>Literaturhinweise:</b>



### 3.2. Technische Mechanik 2/3

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Technische Mechanik 2/3
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Studenten kennen die Grundbegriffe und grundlegenden Methoden der Technischen Mechanik aus den Bereichen Festigkeitslehre und Dynamik und können das methodische Wissen einsetzen.</li><li>• Für festigkeitsrelevante und dynamische Problemstellungen können sie unter Wechselwirkung verschiedener Grundbeanspruchungen einfache Lösungsansätze reproduzieren und auf andere Systeme übertragen. Unter Nutzung der vermittelten Prinzipien und der resultierenden methodischen Vorgehensweise können die Studierenden die Lösungen analysieren und grundlegende Schlussfolgerungen hinsichtlich zulässiger Spannungen und Dehnungen, wirkender dynamischer Lasten oder möglicher Schwingungen ableiten.</li></ul> <p>Nach Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden eine grundlegende systematische Kompetenz zur Modellierung und Berechnung einfacher technischer Systeme erworben, wobei die prinzipiellen Einflüsse des Deformationsverhaltens und signifikante dynamische Effekte diskutiert wurden.</p>
<b>Inhalt:</b> Fortsetzung der Festigkeitslehre: <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundbeanspruchungen Zug/Druck, Biegung, Torsion, Querkraftschub, zusammengesetzte Beanspruchung, Versagenskriterien</li></ul> Grundlagen der Dynamik: <ul style="list-style-type: none"><li>• Kinematische Grundlagen von Massenpunkten und starren Körpern, Kinetik von Systemen aus Massenpunkten und starren Körpern, Energieprinzipien, Einführung in die Schwingungslehre</li></ul>
<b>Lehrformen:</b>
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Technische Mechanik I, Mathematik I (als Erasmus-Austauschmodul geeignet)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 2 SWS Vorlesung, 3 SWS Übung Selbständiges Arbeiten: Vor- und Nachbereitung der Vorlesungen und Übungen, Klausurvorbereitung 1 Semester, jedes WiSe
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Prüfungsvorleistung: Übungsschein (Zulassungsklausur, Laborübung) K120 / 5 CP (Notenskala gemäß Prüfungsordnung)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Juhre, FMB Weitere Lehrende: Prof. Juhre, FMB
<b>Literaturhinweise:</b>



### 3.3. Grundlagen der Maschinenelemente

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Grundlagen der Maschinenelemente
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Erwerb des grundlegenden Verständnisses der Funktionsweise von ausgewählten Maschinenelementen</li><li>○ Erlernen von Fähigkeiten zur Dimensionierung und Nachrechnung von Maschinenelementen</li><li>○ Vermittlung von Kompetenzen zur konstruktiven Gestaltung von Maschinenelementen</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Federn</li><li>○ Verbindungselemente</li><li>○ Achsen und Wellen</li><li>○ Welle-Nabe-Verbindungen</li><li>○ Wälzlager (Grundlagen)</li><li>○ Gleitlager (Grundlagen)</li><li>○ Kupplungen und Bremsen (Grundlagen)</li><li>○ Zahnradgetriebe (Grundlagen)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen und Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Technische Mechanik 1 und 2, Technische Darstellungslehre, Konstruktionstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 2 SWS Vorlesung, 2 SWS Prüfung Selbständiges Arbeiten: Vor- und Nachbereitung von Vorlesungen und Übungen 1 Semester, jedes SoSe
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Prüfungsvorleistung: Bekanntgabe zu Beginn der Lehrveranstaltung K120 / 5 CP (Notenskala gemäß Prüfungsordnung)
<b>Modulverantwortliche:</b> apl. Prof. Dr. D. Bartel, FMB Weitere Lehrende: Dr. Bobach, FMB
<b>Literaturhinweise:</b>



### 3.4. Werkstoffe 1

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Werkstoffe 1
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Das grundlegende Verständnis des Aufbaus von Werkstoffen ist Voraussetzung für ihre Anwendung, Auslegung und fertigungstechnische Verarbeitung. Die Studierenden erwerben in diesem Modul die Grundlagen der Werkstofftechnik mit Fokus auf den inneren Aufbau und den daraus ableitbaren Struktur-Eigenschafts-Beziehungen. Die Studierenden lernen, werkstofftechnische Sachverhalte zu beschreiben, zu analysieren und bei der Entwicklung von Werkstoffen und Produkten selbständig auszuwenden. Ebenso können sie Werkstoffprüfverfahren nach ihrer Leistung beurteilen und zweckgerichtet einsetzen. Fragestellungen zu Werkstoffeigenschaften, -herstellung und -einsatz können sicher unter Verwendung der erworbenen Kenntnisse bearbeitet werden. Die Analyse von mikrostrukturellen Vorgängen in den Werkstoffklassen der Metalle und der Nichtmetalle werden in Grundlagen beherrscht.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Festkörperstrukturen</li><li>• Zustände und Zustandsänderungen</li><li>• Binäre Zustandsdiagramme</li><li>• Wärmebehandlung von metallischen Konstruktionswerkstoffen</li><li>• Mechanische Prüfung und technologische Eigenschaften</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Experimentalvorlesung, seminaristische Übungen und praktische Teamarbeit an einer vorgegebenen Problematik in kleinen, selbständig arbeitenden Gruppen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlegende Kenntnisse in Chemie und Physik auf Abiturniveau (als Erasmus-Austauschmodul geeignet)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 2 SWS Vorlesungen, 2 SWS seminaristische Übung, 1 SWS Praktikum, selbständiges Arbeiten 1 Semester, jedes WiSe
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Prüfungsvorleistung; Bekanntgabe zu Beginn der Lehrveranstaltung K90 / 5 CP (Notenskala gemäß Prüfungsordnung)
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. Halle, Prof. Krüger, Prof. Scheffler, FMB (rotierende Lehrende je nach Studienjahrgang) Weitere Lehrende: Dr. Rosemann, Dr. Hasemann, Dr. Betke, Dr. Benziger, FMB
<b>Literaturhinweise:</b>



### 3.5. Werkstoffe 2

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Werkstoffe 2
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Voraussetzungen für das Verständnis von Konstruktions- und ausgewählten Funktionswerkstoffen sowie Anwendung, Auslegung und fertigungstechnische Verarbeitung ist das zentrale Verständnis der Mikrostruktur-Eigenschafts-Beziehungen. Die Studierenden lernen in diesem Modul vertiefte Inhalte der Werkstofftechnik kennen mit einem Fokus auf intrinsische Mechanismen und spezielle Werkstoffeigenschaften. Die Studierenden sind in der Lage, spezielle und vertiefte Probleme zu analysieren und innerhalb von anwendungsnahen Fragestellungen zur Werkstoff- und Produktentwicklung umzusetzen. Dabei nutzen sie die erworbenen Kompetenzen auf den Gebieten der Werkstoffeigenschaften, der Werkstoffherstellung und der gezielten Beeinflussung der Eigenschaften durch die Wärmebehandlung.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• komplexe mechanische Eigenschaften</li><li>• ausgewählte elektrische, thermische, magnetische und optische Eigenschaften</li><li>• spezielle Probleme der Wärmebehandlung bei metallischen Werkstoffen</li><li>• chemische Eigenschaften</li><li>• ausgewählte Verfahren der Werkstoffherstellung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Experimentalvorlesung, seminaristische Übungen und praktische Teamarbeit an einer vorgegebenen Problematik in kleinen selbständig arbeitenden Gruppen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Werkstoffe I (als Erasmus-Austauschmodul geeignet)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 2 SWS Vorlesungen, 2 SWS seminaristische Übung, 1 SWS Praktikum, selbständiges Arbeiten 1 Semester, jedes SoSe
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Prüfungsvorleistung: Bekanntgabe zu Beginn der Lehrveranstaltung K90 / 5 CP (Notenskala gemäß Prüfungsordnung)
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. Halle, Prof. Krüger, Prof. Scheffler, FMB (rotierende Lehrende je nach Studienjahrgang) Weitere Lehrende: Dr. Rosemann, Dr. Hasemann, Dr. Betke, Dr. Benziger, FMB
<b>Literaturhinweise:</b>





### 3.6. Allgemeine Elektrotechnik 1

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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.



### 3.7. Allgemeine Elektrotechnik 2

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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.



### 3.8. Technische Thermodynamik

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik

**Modul:**

Technische Thermodynamik

**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,s-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, Dampf tafeln 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

**Voraussetzung für die Teilnahme:**  
Lehrveranstaltung des Sommersemesters baut auf die Lehrveranstaltung im Wintersemester auf

**Arbeitsaufwand:**  
Präsenzzeit: 112 Stunden, Selbststudium: 188 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**  
K 180 / 10 CP

**Modulverantwortlicher:**  
Prof. F. Beyrau, FVST  
Weiterer Lehrender:  
Dr.-Ing. F. Schulz, FVST



### 3.9. Strömungsmechanik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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
<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> K 120 / 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>



### 3.10. Regelungstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I-II
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Kienle, FEIT



### 3.11. Messtechnik

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Messtechnik für FVST</b>
<i>Englischer Titel</i>	Measurement Technology for FVST
<i>Modulniveau nach DQR</i>	Niveau 6 (Bachelor) Niveau 7 (Master)
<i>Modulnummer</i>	
<i>Untertitel</i>	
<i>Lehrveranstaltungen</i>	Vorlesung Übung/Praktikum
<i>empfohlenes Studiensemester</i>	VT, UEPT, CIW 5. Semester, VT, UEPT, CIW Dual 7. Semester, SGA Master (WPF) 2. Semester
<i>Häufigkeit des Angebots/ Angebotsturnus</i>	im WS
<i>Modulverantwortliche:r</i>	Dr. Katharina Zähringer, Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungstechnik
<i>Dozent:in</i>	Dr. Katharina Zähringer
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Studiengang/ Curriculum / Verwendbarkeit des Moduls</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ BA Verfahrenstechnik</li><li>▶ BA Umwelt- und Energieprozesstechnik</li><li>▶ BA Chemieingenieurwesen</li><li>▶ MA Sicherheit und Gefahrenabwehr Master (WPF)</li></ul>
<i>Lehrform und SWS</i>	Vorlesung 2 SWS Übung/Praktikum 2 SWS
<i>Arbeitsaufwand</i>	Präsenzzeit: 56 Stunden Selbststudium: 94 Stunden
<i>Dauer des Moduls</i>	1 Semester
<i>Credit Points (CP)</i>	5
<i>Voraussetzung für die Vergabe von CP</i>	Vollständige und erfolgreiche Teilnahme an der Übung/Praktikum, erfolgreiche Teilnahme an Klausur
<i>Teilnahmevoraussetzungen</i>	Mathematik I und II, Strömungsmechanik, Thermodynamik
<i>Empfehlungen für die Teilnahme</i>	Teilnahme an der ersten Vorlesung ist imperativ für die Teilnahme am Praktikum



<i>Modulziele angestrebte Lernergebnisse Learning Outcomes</i>	<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.</li><li>▶ 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>
<i>Inhalt</i>	<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>
<i>Studien- Prüfungsleistungen / Prüfungsformen</i>	Praktikumsprotokolle 25%, schriftliche Klausur (90 Minuten) 75%
<i>Literatur</i>	<a href="http://www.lss.ovgu.de/lss_media/Downloads/Lehre/Vorlesung/Messtechnik/Literaturverzeichnis.pdf">http://www.lss.ovgu.de/lss_media/Downloads/Lehre/Vorlesung/Messtechnik/Literaturverzeichnis.pdf</a>
<i>Sonstige Informationen</i>	
<i>Freigabe / Version</i>	20.9.2021





## Verfahrenstechnische Grundlagen

### 3.12. Prozessdynamik I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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>



### 3.13. Wärme- und Stoffübertragung

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Wärme- und Stoffübertragung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die Mechanismen der Wärme- und Stoffübertragung. Auf dieser Basis können Sie für verschiedene Fluide und Apparate Wärme- und Stoffübergangs-koeffizienten berechnen. Einfache Wärmeübertragungsprozesse können thermisch ausgelegt werden, wobei die Vielfältigkeit von geometrischen Lösungen bewusst ist. Dabei wird ein Verständnis für die Gegensätzlichkeit von Betriebs- und Investitionskosten sowie für die wirtschaftliche Auslegung erworben. Einfach Verdampfungsprozesse können bei noch vorgegebener Wärmezufuhr thermisch ausgelegt werden. Dabei erlernen sie Stabilitäts-kriterien zu beachten und anzuwenden. Die Studierenden können Wärmeverluste von Apparaten und Gebäuden berechnen sowie die Wirkung und die Wirtschaftlichkeit von Wärmedämmmaßnahmen beurteilen. Sie können Gleichgewichtsbeziehungen auf Transportvorgänge zwischen flüssigen und gasförmigen Phasen anwenden und sind somit befähigt, an den Modulen Thermische Verfahrenstechnik und Reaktionstechnik teilzunehmen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Arten der Wärmeübertragung (Grundgleichungen für Leitung, Konvektion und Strahlung), Erwärmung von thermisch dünnen Körpern und Fluiden (Newtonsches Kapazitätsmodell)</li><li>2. Wärmedurchgang in mehrschichtigen Wänden, Wärmewiderstände, Wirkung von Wärmedämmungen und Rippen</li><li>3. Konvektion, Herleitung Nusseltfunktion, laminare und turbulente Grenzschichten, überströmte Körper (Platte, Kugel, Rohre, Rohbündel), durchströmte Körper (Rohre, Kanäle, Festbetten), temperaturabhängige Stoffwerte, Prallströmungen (Einzeldüse, Düsensysteme)</li><li>4. Freie Konvektion (Grenzschichten, Nu-Funktionen für verschiedene Geometrien), Verdampfung (Mechanismus, Nu-Funktionen für verschiedene Geometrien), Stabilität von Verdampfer, Kühlvorgänge), Kondensation (Filmtheorie, laminare und turbulente Nu-Funktionen)</li><li>5. Rekuperatoren (Gleich-, Gegen- und Kreuzstrom), Regeneratoren,</li><li>6. Arten der Diffusion (gewöhnlich, nicht-äquimolar, Porendiffusion, Darcy, Knudsen), Stoffübergang</li><li>7. Stationäre Vorgänge, Diffusion durch mehrschichtige Wände, Katalysatoren, Stoffübergang zwischen Phasen (Henry), Kopplung von Wärme- und Stoffübertragung am Beispiel Verdampfung</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Projektarbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Technische Thermodynamik, Strömungsmechanik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Projektarbeit (wird auf die Klausurnote angerechnet, Prüfungsvoraussetzung) / K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> JP A. Dieguez-Alonso, FVST Weitere Lehrende: Dr.-Ing. J. Seidenbecher, Dr.-Ing. A. Dernbecher, FVST



**Literaturhinweise:**

Specht, Eckehard: Wärme- und Stoffübertragung in der Thermoprozesstechnik (Vulkan Verlag);  
Baer, Stephan: Wärme- und Stoffübertragung (Springer Verlag)



### 3.14. Gemisch- und Grenzflächenthermodynamik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Gemisch- und Grenzflächenthermodynamik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Auf der Grundlage einer methodisch-grundlagenorientierten Wissensvermittlung erwerben die Studenten Fertigkeiten zur Beschreibung des Zustands- und Gleichgewichtsverhaltens mehrkomponentiger und mehrphasiger Systeme in verfahrenstechnischen Prozessen. Sie erhalten Kompetenzen bei der Analyse und Lösung stoffwirtschaftlicher Problemstellungen in der beruflichen Tätigkeit, die in der Übung an Fallbeispielen trainiert werden. Insbesondere können sie die für verfahrenstechnische Prozessberechnungen benötigten Stoffwerte realer, mehrkomponentiger Systeme sowie die Gleichgewichtsdaten für Mehrphasensysteme bereitstellen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einführung und Grundbegriffe, Kennzeichnung von Gemischen Mischungen idealer Gase, Zustandsgleichungen, Mischungsentropie idealer Gase, Gas-Dampf-Gemische, Zustandsverhalten</li><li>2. <math>h</math>, <math>x</math>-Diagramm, Randmaßstab, Druckabhängigkeit, Verdunstung, einseitige Diffusion, adiabate Beharrungstemperatur und Kühlgrenztemperatur, Psychrometerproblem, nichtadiabate Verdunstung, Wechselwirkungen Luft/Wasser beim Überströmen einer Wasserflasche.</li><li>3. Zustandsänderungen feuchter Luft, allgemeine Formulierung der Bilanzen, Anwendungen auf Lüfter, Erhitzer, Kühler Dampfbefeuchter, adiabate Wäscher (Kühlgrenztemperatur, Befeuchtungsgrade) und Mischkammern.</li><li>4. Zustandsverhalten realer Mischungen, Mischungsgrößen, partielle molare Größen, Fundamentalgleichungen und chemisches Potential, Gibbs-Duhem'sche Beziehung, Berechnung des chemischen Potentials idealer Gase, idealer Mischungen und realer Fluide, Fugazität und Aktivität, Exzessgrößen</li><li>5. Zweistoffgemische: Phasengleichgewicht und Gibbs'sche Phasenregel, Flüssig-Flüssig-Gleichgewichte, Flüssig-Dampf-Gleichgewichte/Verdampfung und Kondensation, <math>p</math>, <math>x</math>-, <math>T</math>, <math>x</math>- und <math>h</math>, <math>x</math>-Diagramme, Gemische mit azeotropem Punkt, Fest-flüssig-Gleichgewichte/Schmelzen und Erstarren</li><li>6. Grundlagen der Berechnung von Phasengleichgewichten, Anwendung auf Dampf-Flüssig-Gleichgewichte und Löslichkeit von Gasen, Prozesse mit Zweistoffsystemen: Mischung, Verdampfung in geschlossenen und offenen Systemen, adiabate Drosselung, Absorption, Absorptionskältemaschine und technische Trennprozesse/Destillation und Rektifikation</li><li>7. Grenzflächensysteme, Oberflächenspannung, Phasengleichgewichte an gekrümmten Grenzflächen, Bilanzierung von Grenzflächensysteme, integrale und differentielle Betrachtung, Transporttheorem, Marangoni-Konvektion</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Technische Thermodynamik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / K 120 / 5 CP



**Modulverantwortlicher:**

Prof. J. Sauerhering, Hochschule Anhalt

**Literaturhinweise:**



### 3.15. Mechanische Verfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Mechanische Verfahrenstechnik
<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 mechanischer Prozesse.</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
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. B. van Wachem, 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.



### 3.16. Apparatetechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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 Krieralgleichungen. 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
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik, Physik, Strömungsmechanik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Konstruktiver Entwurf eines Apparates (Die positive Bewertung ist Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung) / K 120 / 5 CP





**Modulverantwortlicher:**

Prof. U. Krause, FVST

**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



### 3.17. Thermische Verfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Thermische Verfahrenstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können thermodynamische oder kinetische Effekte identifizieren, die zur Trennung von Stoffgemischen nutzbar sind. Sie sind in der Lage, Trennprozesse für die Verfahrenstechnik, die Umwelttechnik sowie die Energietechnik auszulegen, und können die apparative Umsetzung und Wirtschaftlichkeit solcher Prozesse einschätzen. Diese an ausgewählten Beispielen (Destillation/Rektifikation, Absorption, Extraktion, Konvektionstrocknung) erlangten Fähigkeiten, können sie im Grundsatz auf weitere, im Modul nicht explizit behandelte thermische Trennprozesse übertragen und anwenden.
<b>Inhalt</b> <u>Gleichgewichtstrennprozesse:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>- Thermodynamik der Dampf-Flüssig-Gleichgewichte</li><li>- Absatzweise und stetige Destillation</li><li>- Theorie der Trennkaskaden, Rektifikation in Boden- und Füllkörperkolonnen</li><li>- Trennung azeotroper Gemische</li><li>- Praktische Ausführung und hydraulische Auslegung von Boden- und Füllkörperkolonnen</li><li>- Lösungsgleichgewichte von Gasen in Flüssigkeiten</li><li>- Absorption in Boden- und Füllkörperkolonnen</li><li>- Praktische Ausführung von Absorptionsapparaten</li><li>- Thermodynamik der Flüssig-Flüssig-Gleichgewichte</li><li>- Trennung von Flüssigkeitsgemischen durch Extraktion</li><li>- Praktische Ausführung von Extraktionsapparaten</li></ul> <u>Kinetisch kontrollierte Trennprozesse:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>- Grundlagen der Konvektionstrocknung</li><li>- Sorptionsgleichgewichte und normierte Trocknungskurve der Einzelpartikel</li><li>- Auslegung von Konvektionstrocknern</li><li>- Verdunstung von Flüssigkeitsgemischen</li><li>- Diffusionsdestillation und Beharrungsazeotrope</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Technische Thermodynamik, Strömungsmechanik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. E. Tsotsas, FVST



**Literaturhinweise:**

Eigene Notizen zum Download; Thurner, Schlünder: Destillation, Absorption, Extraktion (Thieme Verlag); Schlünder: Einführung in die Stoffübertragung (Thieme Verlag); Seader, Henley: Separation process principles (Wiley).



### 3.18. Reaktionstechnik

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik

**Modul:**

Reaktionstechnik

**Ziele des Moduls:**

Die Studenten

- erwerben ein physikalisches Grundverständnis wesentlicher Prozesse der chemischen Verfahrenstechnik insbesondere der Reaktionstechnik
- 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

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Chemie

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Chr. Hamel / M. Gerlach, FVST



### 3.19. Chemische Prozesse und Anlagen

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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



### 3.20. Bioverfahrenstechnik

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik

**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 modifiziertenvon *E. coli*)
- praktische Übung: Downstream Processing (Reinigung eines üexprimierten Proteins mit Affinitäts- und Gelchromatographie)

#### Lehrformen:

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

Vorlesung, Praktikum; (WS); (5. Semester)

##### Teil 2 (Bioverfahrenstechnik)

Vorlesung, Übung; (SS); (6. Semester)

#### Voraussetzung für die Teilnahme:

Grundlagenfächer des Bachelors

#### 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. Th. Rexer, 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 GmbHChmiel, H. (2011): Bioprozesstechnik, Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 3
- Storhas, W. (2000): Bioreaktoren und periphere Einrichtungen, Vieweg
- Storhas, W. (2013): Bioverfahrensentwicklung, Wiley-VCH



### 3.21. Praktikum Verfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Praktikum Verfahrenstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Erwerb von Fertigkeiten zur experimentellen Umsetzung von Grundlagenkenntnissen aus den verfahrenstechnischen Modulen</li><li>• Entwicklung eines kritischen und verantwortungsbewussten Umgangs mit Messdaten</li><li>• Befähigung zur Arbeit mit analytischen Methoden</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Charakterisierung von Nanopartikeln (MVT-A)</li><li>2. Porosimetrie (MVT-B)</li><li>3. Bestimmung kinetischer Konstanten (CVT-A)</li><li>4. Betriebspunkt eines adiabatischen Rührkessels (CVT-B)</li><li>5. Verweilzeitmodellierung (TVT-A)</li><li>6. Rektifizierkolonne (TVT-B)</li><li>7. Lineare Systemanalyse mittels Impedanzspektroskopie (SVT)</li><li>8. Up-Stream Processing (BPT-A)</li><li>9. Down-Stream Processing (BPT-B)</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweis / 5 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Dr. W. Hintz und Dr. A. Schlinkert, FVST u. a.



## Berufspraktisches Training Softskills / Projektarbeit

### 3.22. Verfahrenstechnische Projektarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Verfahrenstechnische Projektarbeit
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Frühzeitige Beschäftigung mit einem verfahrenstechnischen Prozess ausgehend von eigenen experimentellen Untersuchungen über das Produktverhalten und die Produkteigenschaften bis zur vollständigen Beschreibung der Herstellung,</li><li>• Sammlung von Erfahrungen in der Gruppenarbeit und in der Präsentation,</li><li>• Entwicklung von sozialen Beziehungen zwischen den Studierenden des Studienganges.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <p>Für gegebene Produkte soll das Verfahren zur Herstellung beschrieben werden. Dazu sollen jeweils Versuche durchgeführt werden, um das Verhalten des Produktes während der Stoffumwandlung kennen zu lernen. In den Instituten stehen entsprechende Versuchsanlagen und Laborgeräte zur Verfügung. Zu jedem Projekt ist ein Ansprechpartner angegeben, der in die Versuche und Messungen einweist und für Diskussionen über die Verfahren bereitsteht. So sollen z. B. Schnaps gebrannt, Kaffee geröstet, Getreide getrocknet, Bier gebraut, Zucker kristallisiert, Kalk gebrannt werden usw.</p> <p>Um Informationen über das Verfahren und den Prozess zu erhalten, soll vornehmlich das Internet genutzt werden. Für Versuche und Recherchen ist der Zeitraum des 1. Semesters vorgesehen. Mit dem Betreuer sind regelmäßig Treffen zu vereinbaren, bei dem über den Stand der Arbeiten berichtet wird. Während des 2. Semesters werden Verfahren und Prozess in einem Seminarvortrag allen Mitstudierenden vorgestellt. So weit möglich soll Powerpoint verwendet werden.</p>
<b>Lehrformen:</b> Übung mit Experimenten, Seminar
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 32 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Präsentation / 2 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. Hintz., FVST



### 3.23. Nichttechnische Fächer

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtfächer im Bachelorstudiengang Verfahrenstechnik
<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: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweise / 5 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> <a href="https://lsf.ovgu.de/qislsf/rds?state=wtree&amp;search=1&amp;category=veranstaltung.browse&amp;navigationPosition=lectures%2Clectureindex&amp;breadcrumb=lectureindex&amp;topitem=lectures&amp;subitem=lectureindex">https://lsf.ovgu.de/qislsf/rds?state=wtree&amp;search=1&amp;category=veranstaltung.browse&amp;navigationPosition=lectures%2Clectureindex&amp;breadcrumb=lectureindex&amp;topitem=lectures&amp;subitem=lectureindex</a>  Die Module, die unter Schlüsselkompetenzen und Nichttechnische Wahlpflichtfächern stehen, werden anerkannt.



## Praktikum

### 3.24. Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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



### 3.25. Bachelorarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<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>Lehrformen:</b> Problembearbeitung unter Anleitung mit Abschlussarbeit
<b>Voraussetzung für Teilnahme:</b> 150 CP
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 Monate
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Bachelorarbeit mit Kolloquium 15 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prüfungsausschussvorsitzende/r



## 4. Masterstudiengang Verfahrenstechnik, Pflichtmodule

### 4.1. Dynamik komplexer Strömungen

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<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:108 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>





## 4.2. Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<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
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Chemie, Stoff- und Wärmeübertragung, Reaktionstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Hamel / Dr.-Ing. Gerlach, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, John Wiley &amp; Sons, 1999</li><li>• Westerterp, van Swaaij, Beenackers, Chemical reactor design and operations, Wiley, 1984</li><li>• M. Baerns, H. Hofmann, A. Renken, Chemische Reaktionstechnik, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1999</li><li>• Winnacker-Küchler. Hrsg. von Roland Dittmeyer, Chemische Technik: Prozesse und Produkte, Weinheim, Wiley-VCH, 2005</li><li>• G. Ertl, H. Knözinger, F. Schüth, J. Weitkamp, Handbook of Heterogeneous Catalysis, Wiley VCH, 2008</li></ul>



- 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



#### 4.3. Simulation mechanischer Prozesse

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Simulation mechanischer Prozesse
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• vervollkommen und festigen ihr physikalisches Grundverständnis wesentlicher dynamischer Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik und Partikeltechnik</li><li>• können sicher mit den statistisch verteilten Stoffeigenschaften disperser Partikelsysteme (<i>Stoffanalyse</i>) umgehen, siehe Inhalt 1., um die Produktqualität zu verbessern (<i>Produktgestaltung</i>),</li><li>• analysieren gründlich die Probleme und definieren die Ziele der stochastischen und dynamischen Stoffwandlungsprozesse disperser Stoffsysteme (<i>Prozess-Diagnose</i>) und arbeiten optimale Problemlösungen aus (<i>Prozessgestaltung</i>)</li><li>• entwickeln und festigen ihre Kompetenzen und Fertigkeiten bei der Entwicklung, Gestaltung, <b>multiskalige Modellierung</b> und <b>Simulation</b> sowie der verfahrenstechnischen, energetischen, ökologischen und ökonomischen Bewertung gekoppelter, stochastischer, instationärer, dynamischer, mechanischer Prozesse (<i>Verfahrensgestaltung</i>),</li><li>• können wesentliche mechanische Prozesse gestalten und die betreffenden Maschinen funktionell auslegen, siehe Inhaltsangabe 2. bis 8.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Festigung des Wissensstandes bezüglich Kennzeichnung <b>disperser Stoffsysteme</b>, neue physikalische Partikelmessmethoden der Granulometrie, Methoden der Porosimetrie</li><li>2. Festigung des Wissensstandes bezüglich <b>Partikelherstellung</b> durch <b>Zerkleinerung</b>, Mechanolumineszenz während der Bruchentstehung, Nutzung dieser physikalischen Effekte zur Entwicklung von innovativen Online-Messmethoden, Bilanzierung der Mikroprozesse des Partikelbruches und der makroskopischen Kinetik der Zerkleinerung mittels Populationsbilanzen, energetische Bewertung des Prozesserfolges, funktionelle Maschinenauslegung<ol style="list-style-type: none"><li>3.1 Festigung des Wissensstandes bezüglich <b>Trennung</b> von <b>Partikeln</b>, Bilanzierung der Kinetik mechanischer Trennprozesse, Trennfunktion und Trennschärfe als stochastische Schwankungsgrößen des Prozesserfolges</li><li>3.2 Kinetik und eindimensionale Partikeldynamik der <b>Siebklassierung</b>, energetische Bewertung des Prozesserfolges, Konsequenzen für die funktionelle Maschinenauslegung</li></ol></li><li>4.1 Simulationen der <b>Stromklassierung</b>, <b>mikroskopisch</b> beschleunigte (zeitabhängige) Partikelbewegung im Fluid, Strömungs- und Feldkräfte einschließlich Masseträgheit, instationäre und stationäre Partikelsinkgeschwindigkeit, Geschwindigkeits-Zeit-Gesetze und Weg-Zeit-Gesetze der laminaren und turbulenten Partikelumströmung,</li><li>4.2 Kennzeichnung der <b>Dynamik</b> turbulenter Strömungen, turbulente Partikeldiffusion, eindimensionale Fokker-Planck-Gleichung des konvektiven (gerichteten) und diffusiven (zufälligen) Partikeltransportes im <b>makroskopischen</b> Kontinuum, Bilanzmodelle der turbulente Gegen- und Querstromklassierung der Partikel in Wasser und Luft,</li><li>4.3 Modellierung der mehrstufigen turbulenten Querstrom-Trennprozesse und -apparate, energetische Bewertung des Prozesserfolges</li><li>5. Modellierung und Simulation der Kombination und Verschaltung makroskopischer Zerkleinerungs- und Klassierprozesse, energetische Bewertung der Prozesserfolge<ol style="list-style-type: none"><li>6.1 Kurze Einführung in die <b>Diskrete-Elemente-Methode</b>, konventionelles Feder-Dämpfer-Kontaktmodell, mikromechanisches Kraft-Weg-Modell elastisch-plastischer viskoser Kontakte adhäsiver feiner Partikel,</li><li>6.2 Problemlösungen für die <b>Pulverdosierung</b>, Fluktuationen beim Ausfließen kohäsiver feiner Pulver aus Containern, Modellierung und Simulation des beginnenden (beschleunigten) Ausfließens kohäsiver Pulver</li></ol></li><li>7. <b>Partikelformulierung</b> durch Pressagglomeration, Kompressibilität und Kompaktierbarkeit kohäsiver Partikelpackungen, zweidimensionale Spannungsverteilung und dynamische Fließzustände im Walzenspalt, Auslegung von Walzenpressen</li></ol>



<p>8. <b>Beschichtung</b> kohäsiver Pulver mit Additiven zwecks physikalische Produktformulierung, stochastische Homogenität und Mischkinetik in Hochleistungs-Zwangsmischern</p>
<p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Übungen</p>
<p><b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mechanische Verfahrenstechnik</p>
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden</p>
<p><b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> mündliche Prüfung / Leistungsnachweis / 5 CP</p>
<p><b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. B. v. Wachem, FVST</p>
<p><b>Literaturhinweise:</b> [1] Manuskript mit Text, Bildern und Übungen siehe <a href="http://www.ovgu.de/ivt/mvt/">www.ovgu.de/ivt/mvt/</a> [2] Schubert, H., Handbuch der Mechanischen Verfahrenstechnik, Wiley-VCH, Weinheim 2003</p>



#### 4.4. Systemverfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Systemverfahrenstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind befähigt, das dynamische Verhalten von örtlich verteilten Prozessen der Verfahrenstechnik, der Energietechnik und der Biosystemtechnik mittels mathematischer Modelle zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind in der Lage, physikalisch fundierte Modelle bestehend aus Kontinuumsbilanzen, kinetischen Ansätzen, thermodynamischen Zustandsgleichungen, Rand- und Anfangsbedingungen konsistent zu formulieren. Sie können geeignete numerische Lösungsverfahren sowohl für stationäre als auch für dynamische Simulationen auswählen, diese korrekt anwenden und Simulationen mit dem Computer durchführen. Sie können qualitative Aussagen über die Sensitivität und Stabilität der untersuchten Systeme treffen. Die Studierenden sind darüber hinaus befähigt, komplexe Modelle in geeigneter Weise so zu reduzieren, dass die Prozesssimulation bei hinreichender Genauigkeit möglichst effizient erfolgen kann. Sie sind in der Lage, die erzielten Simulationsergebnisse mit naturwissenschaftlich-technischen Argumenten zu interpretieren.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Thermodynamisch-mechanischer Zustand von Fluiden</li><li>2) Allgemeine Bilanzgleichungen für Kontinua</li><li>3) Konstitutive Gleichungen und Transportparameter</li><li>4) Thermodynamik der Gemische</li><li>5) Numerische Methoden zur Lösung partieller Differentialgleichungen</li><li>6) Simulationen für örtlich verteilte Prozesse</li><li>7) Modellierung mehrphasiger Prozesse</li><li>8) Methoden und Ansätze der Modellreduktion</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Simulationstechnik, Prozessdynamik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Schriftliche Prüfung (K120) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. K. Sundmacher, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>[1] M. Jischa, Konvektiver Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch, Vieweg, 1982.</li><li>[2] B. Bird, et al., <i>Transport Phenomena</i>, Wiley, 2002.</li><li>[3] R.C. Reid, et al., <i>The Properties of Gases and Liquids</i>, McGraw-Hill, 1987.</li><li>[4] S. I. Sandler, <i>Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics</i>, Wiley, 2006.</li><li>[5] S.V. Patankar, <i>Numerical Heat Transfer and Fluid Flow</i>, McGraw-Hill, 1980.</li><li>[6] A. Varma et al., <i>Mathematical Methods in Chemical Engineering</i>, Oxford U. Press, 1997.</li></ol>



#### 4.5. Transport phenomena in granular, particulate and porous media

<b>Course:</b> Pflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Module:</b> Transport phenomena in granular, particulate and porous media
<b>Objectives:</b> Dispersed solids find broad industrial application as raw materials (e.g. coal), products (e.g. plastic granulates) or auxiliaries (e.g. catalyst pellets). Solids are in this way involved in numerous important processes, e.g. regenerative heat transfer, adsorption, chromatography, drying, heterogeneous catalysis. To the most frequent forms of the dispersed solids belong fixed, agitated and fluidized beds. In the lecture the transport phenomena, i.e. momentum, heat and mass transfer, in such systems are discussed. It is shown, how physical fundamentals in combination with mathematical models and with intelligent laboratory experiments can be used for the design of processes and products, and for the dimensioning of the appropriate apparatuses. <ul style="list-style-type: none"><li>• Master transport phenomena in granular, particulate and porous media</li><li>• Learn to design respective processes and products</li><li>• Learn to combine mathematical modelling with lab experiments</li></ul>
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Transport phenomena between single particles and a fluid</li><li>• Fixed beds: Porosity, distribution of velocity, fluid-solid transport phenomena Influence of flow maldistribution and axial dispersion on heat and mass transfer Fluidized beds: Structure, expansion, fluid-solid transport phenomena</li><li>• Mechanisms of heat transfer through gas-filled gaps</li><li>• Thermal conductivity of fixed beds without flow Axial and lateral heat and mass transfer in fixed beds with fluid flow</li><li>• Heat transfer from heating surfaces to static or agitated bulk materials</li><li>• Contact drying in vacuum and in presence of inert gas</li><li>• Heat transfer between fluidized beds and immersed heating elements</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures / Exercises; (summer semester)
<b>Prerequisites:</b>
<b>Work load:</b> 3 hours per week Lectures and tutorials: 42 h, Private studies: 78 h
<b>Examinations/Credits:</b> Oral exam / 5 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Prof. E. Tsotsas, FVST
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Own notes for download</li><li>- Schlünder, E.-U., Tsotsas, E., Wärmeübertragung in Festbetten, durchmischten Schüttgütern und Wirbelschichten, Thieme, Stuttgart, 1988</li><li>- Geankoplis, C.J., Transport processes and separation process principles, Prentice Hall, 2003</li></ul>



#### 4.6. Nichttechnische Fächer

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtfächer im Masterstudiengang Verfahrenstechnik
<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> <a href="https://lsf.ovgu.de/qislsf/rds?state=wtree&amp;search=1&amp;category=veranstaltung.browse&amp;navigationPosition=lectures%2Clectureindex&amp;breadcrumb=lectureindex&amp;topitem=lectures&amp;subitem=lectureindex">https://lsf.ovgu.de/qislsf/rds?state=wtree&amp;search=1&amp;category=veranstaltung.browse&amp;navigationPosition=lectures%2Clectureindex&amp;breadcrumb=lectureindex&amp;topitem=lectures&amp;subitem=lectureindex</a>  Die Module, die unter Schlüsselkompetenzen und Nichttechnische Wahlpflichtfächern stehen, werden anerkannt.



#### 4.7. Masterarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Masterarbeit
<b>Ziel des Moduls (Kompetenzen):</b> Es soll der Nachweis erbracht werden, dass innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem selbständig mit wissenschaftlichen Methoden bearbeitet werden kann. 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>Modulverantwortlicher:</b> Prüfungsausschussvorsitzender





## 5. Masterstudiengang Verfahrenstechnik, Wahlpflichtmodule

### 5.1. Advanced Process Systems Engineering

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Advanced Process Systems Engineering
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> The students should learn how to derive mathematical models for the analysis and design of complex chemical and biochemical production systems on different time and length scales (molecular level, particle level, continuum phase level, process unit level, plant level). The students will be able to model multiphase systems, including various phase combinations and interfacial transport phenomena. Furthermore students will learn to apply advanced model reduction techniques.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Multilevel modelling concepts</li><li>• Molecular fundamentals of kinetics and thermodynamics</li><li>• Modelling of complex continuum systems</li><li>• Advanced process optimization techniques</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Bachelor in Verfahrenstechnik, oder einem verwandten Studiengang
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden (Nacharbeiten der Vorlesungen, Lösung von Übungsaufgaben, Prüfungsvorbereitung, Projektarbeit)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. K. Sundmacher, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> wird in der Vorlesung bekannt gegeben



## 5.2. 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> Dr. Voigt, FVST.



### 5.3. Anlagen- und Apparatebau in der Feststoff-Verfahrenstechnik: Auslegung, Umsetzung und Problemlösung

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Anlagen- und Apparatebau in der Feststoff-Verfahrenstechnik: Auslegung, Umsetzung und Problemlösung</b>
<i>Englischer Titel</i>	Plant and apparatus engineering in solid-state process engineering: design, implementation and problem-solving
<i>Modulniveau nach DQR</i>	Masterniveau
<i>Modulnummer</i>	
<i>Untertitel</i>	
<i>Lehrveranstaltungen</i>	Vorlesung
<i>empfohlenes Studiensemester</i>	1. Semester
<i>Häufigkeit des Angebots/ Angebotsturnus</i>	min. einmal jährlich
<i>Modulverantwortliche:r</i>	Hon.-Prof. Dr.-Ing. Mirko Peglow
<i>Dozent:in</i>	Hon.-Prof. Dr.-Ing. Mirko Peglow
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Studiengang/ Curriculum / Verwendbarkeit des Moduls</i>	▶ MA Verfahrenstechnik
<i>Lehrform und SWS</i>	Vorlesung 2 SWS Präsenzzeit
<i>Arbeitsaufwand</i>	Präsenzzeit / Selbststudium / Prüfung 2 SWS, 28 Std. / 80 Std. / 1 Std.
<i>Dauer des Moduls</i>	1 Semester
<i>Credit Points (CP)</i>	4
<i>Voraussetzung für die Vergabe von CP</i>	Bestehen der Prüfung mit Note
<i>Teilnahmevoraussetzungen</i>	keine
<i>Empfehlungen für die Teilnahme</i>	Regelmäßige und aktive Teilnahme an den Vorlesungen



<i>Modulziele / angestrebte Lernergebnisse / Learning Outcomes</i>	Die Studierenden verstehen die grundlegende Vorgehensweise bei der Auslegung, der Umsetzung sowie der Problemlösung von apparativen und anlagentechnischen Konzepten in der Feststoffverfahrenstechnik. Anhand von verschiedenen Anwendungsbeispielen aus der industriellen Praxis sollen den Studierenden die Fähigkeit vermittelt werden, den Prozess soweit zu abstrahieren, so dass eine Abschätzung der Anlagengröße, der erreichbaren Durchsätze sowie der notwendigen Energieeinsätze mit einfachen Mitteln möglich ist. Es soll gezeigt werden, wie diese einfachen Abschätzungen zunächst als Basis für eine Anlagenauslegung genutzt und später durch komplexere Modelle unteretzt werden können. Die in der Vorlesung genutzten Anwendungsbeispiele sind im wesentlichen Trocknungs- und Granulationsprozesse bei denen Feststoffe mittels Konvektions- und Kontaktrockner behandelt werden.
<i>Inhalt</i>	Inhalt: <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen Apparate- und Anlagenbau</li><li>• Grundlagen der Anlagenauslegung</li><li>• Trocknungs- und Granulationsprozesse in der Feststoffverfahrenstechnik</li><li>• Auslegung von Konvektionstrocknern (Massen- und Energiebilanzen)</li><li>• Auslegung von Kontaktrocknern (Massen- und Energiebilanzen)</li><li>• Wärme- und Stoffübergang in Konvektions- und Kontaktrocknern</li><li>• Anwendungsbeispiele und Fallstudien aus der industriellen Praxis</li></ul>
<i>Studien- / Prüfungsleistungen / Prüfungsformen</i>	Mündliche Prüfung ca. 60 min.
<i>Literatur</i>	Vorlesungsskript Ausgewählte wissenschaftliche Publikationen aus dem Fachgebiet
<i>Sonstige Informationen</i>	Keine
<i>Freigabe / Version</i>	Letzte Überarbeitung des Moduls, 20.09.21



**5.4. Aufklärung und Modellierung von Reaktionsmechanismen in der Katalyse (ab WiSe 2023 - MB wird nachgereicht)**



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-  
UND SYSTEMTECHNIK

**5.5. Basic principles of Process Safety (ab SoSe 2024 – MB wird nachgereicht)**



## 5.6. Charakterisierung von Festkörperkatalysatoren und Adsorbentien

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Charakterisierung von Festkörperkatalysatoren und Adsorbentien
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden kennen die wichtigsten modernen Analysemethoden zur Charakterisierung von Festkörpern (oberflächenaktive Materialien für Katalyse und Adsorption), können das Prinzip beschreiben und die technische Vorgehensweise beschreiben. Sie sind in der Lage die Methoden bezüglich ihres Nutzens für verschiedene analytische Fragestellungen einzuschätzen und eine sinnvolle Auswahl an Methoden oder Methodenkombinationen zu treffen, um analytische Probleme zu lösen. Durch praktische Übungen sind die Studierenden in die Lage versetzt, ausgewählte Analysengeräte selbstständig zu nutzen, Besonderheiten bzw. spezielle Potenziale einzelner Methoden zu erkennen und auf eigene Fragestellungen anzuwenden.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Klassifizierung der Eigenschaften, strukturelle, texturale, oberflächenchemische~</li><li>2. Adsorptive Methoden, Gasadsorption (N<sub>2</sub>, Ar, CO<sub>2</sub>), Porenvolumen, Oberfläche, Porenradienverteilung</li><li>3. Quecksilberporosimetrie, Porenradienverteilung</li><li>4. Partikelgrößenbestimmung, Zetapotenzial</li><li>5. Temperaturprogrammierte Ammoniak-Desorption</li><li>6. Adsorption spezieller Sondenmoleküle</li><li>7. Thermoanalyse, TGA, DSC</li><li>8. Elektronenmikroskopie, SEM, TEM</li><li>9. Festkörper NMR</li><li>10. UV-VIS, IR</li><li>11. Chemische Zusammensetzung, Nasschemischer Aufschluss</li><li>12. ICP-OES, AAS</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Chemische Grundvorlesungen
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit 48 Stunden, Selbststudium 96 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Präsentation / Klausur 90 min oder mdl. Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. F. Scheffler
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Handbook of Porous Solids, Eds. F. Schüth, K. Sing, J. Weitkamp, Wiley-VCH,</li><li>• Haman, C.H. and Vielstich, W.: Electrochemistry, Wiley, 1998</li><li>• Foliensatz zum Download</li></ul>



## 5.7. Computational Fluid Dynamics

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<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 (ERCOFTAC). 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
<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
<b>Literaturhinweise:</b> Ferziger and Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer





## 5.8. Einsatz von Mikrowellen und Ultraschall in der Verfahrens- und Umwelttechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Einsatz von Mikrowellen und Ultraschall in der Verfahrens- und Umwelttechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Verstehen der physikalischen Grundlagen wellenbasierter Energieformen und der Wechselwirkung mit Dielektrika und viskoelastischen Fluiden</li><li>• Erarbeitung der technischen Grundlagen der Mikrowellenthermie und des Leistungsultraschalls</li><li>• Vertiefung des Verständnisses für die Vorteile und die Voraussetzungen für die sinnvolle Nutzung von Mikrowellen und Ultraschall</li><li>• Überblick über die Einsatzmöglichkeiten für die Unterstützung von Trennoperationen, Stoffwandlungen in der chemischen Reaktionstechnik und der Materialsynthese</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Physikalische Grundlagen der Mikrowellenerwärmung/ des Leistungsultraschalls (Wellenlehre, Elektromagnetische Felder, Dielektrika, Piezoakustik)</li><li>2. Einführung in die Mikrowellentechnik für Erwärmungsprozesse (Mikrowellengeneratoren, -transmission, -hohlleiter, Applikatorkonzepte, Temperaturmessung)</li><li>3. (Hybride) Mikrowellenthermie (Erwärmungsprozess, Ofenaufbau, Auslegung)</li><li>4. Mikrowellenapplikationen (Trocknung, Desorption, Sinter-, Temperprozesse, Schmelzen, Umkristallisation, Hochtemperaturprozesse, Mikrowellensynthese)</li><li>5. Technische Grundlagen des sonoinduzierten Leistungsschalls (Schallerzeugung, -übertragung, Transducer, Messung der Schalleistung)</li><li>6. Sonoinduzierte Kavitation, Sonolumineszenz und elektrochemische Effekte</li><li>7. Mischen, Dispergieren, Emulgieren und Reagieren mit Leistungsultraschall</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Wärme- und Stoffübertragung
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. St. Gai <b>Weiterer Lehrender:</b> Prof. E. Tsotsas



## 5.9. Electrochemical Process Engineering

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Electrochemical Process Engineering
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> In this course the students acquire physicochemical and engineering basics of electrochemical process engineering (EPE). In the first part the students learn fundamentals of EPE. They learn to determine the most important figures of merit in EPE, like current efficiency, yield and selectivity, specific energy consumption and space time yield. In the second part they acquire knowledge how EPE fundamentals are transferred into praxis to develop some of the most important electrochemical technologies. The lectures are followed by experimental laboratory courses which strengthen the relationship between theory and experimental methods in EPE. The students also learn to critically evaluate and analyse experimental data.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction (Fundamental laws, Figures of merit, Cell voltage)</li><li>• Basics of electrochemistry (Ionic conductivity, Electrochemical thermodynamics, Double layer, Electrochemical kinetics)</li><li>• Mass transport (Diffusion, Migration, Convection)</li><li>• Current distribution (Primary, Secondary, Tertiary)</li><li>• Electrochemical reaction engineering ( Electrolyte, Electrodes, Separators, Reactors, Mode of operation)</li><li>• Electrolysis (Chlor-alkali electrolysis, Organic electrosynthesis, Electroplating)</li><li>• Electrochemical energy sources (Batteries, Supercapacitors) and Corrosion and its control</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Basic knowledge in chemistry and physical chemistry</li><li>• Mass and heat transport</li><li>• Chemical reaction engineering</li></ul>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. T. Vidakovic-Koch, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• V. M. Schmidt, Elektrochemische Verfahrenstechnik, Grundlagen, Reaktionstechnik, Prozessoptimierung, Wiley-VCH GmbH &amp; Co. KGaA, 2003, ISBN 3-527-29958-0.</li><li>• K. Scott, Electrochemical Reaction Engineering, Academic Press Limited, 1991, ISBN 0-12-633330-0.</li><li>• D. Pletcher, F. C. Walsh, Industrial Electrochemistry, 2<sup>nd</sup> Edition, Blackie Academic &amp; Professional, Paperback edition, 1993, ISBN 0-7514-0148-X.</li></ul>



## 5.10. Fuel Cells

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik

**Modul:**

Fuel Cells

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

The participants understand the principles of electrochemical energy conversion. They are aware of the technical applications and future trends in the area of fuel cells. The participants are able to analyse, design and optimise fuel cell systems and possess basic knowledge in the area of fuel processing.

**Inhalt:**

1. Introduction to fuel cells
  - Working principle
  - Types of fuel cells
  - Applications
2. Steady-state behaviour of fuel cells
  - Potential field
  - Constitutive relations  
(Nernst equation, electrochemical reaction kinetics, mass transport)
  - Integral balance equations for mass and energy
  - Current-voltage-curve, efficiencies, design
3. Experimental methods in fuel cell research
4. Fuels
  - Handling and storage of hydrogen
  - Fuel processing
5. Fuel cell systems

**Lehrformen:**

Lecture and tutorial

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Basic knowledge on thermodynamics, reaction engineering and mass transport is advantageous

**Arbeitsaufwand:**

30h time of attendance (one-week full-time block seminar), 10h outside classes  
presence: 42 hours (3 SWS), private studies: 108 h (lit. survey)

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Written exam 60 min / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. T. Vidakovic-Koch, MPI Magdeburg



**Literaturhinweise:**

1. Lecture notes, available for download
2. Vielstich, W. *et al.*: Handbook of Fuel Cells, Wiley 2003
3. Larminie, J. and Dicks, A.: Fuel Cell Systems Explained, Wiley, 2003
4. Haman, C.H. and Vielstich, W.: Electrochemistry, Wiley, 1998
5. Bard, A.J. and Faulkner, L.R.: Electrochemical Methods, Wiley, 2001
6. Wesselingh, J.A. and Krishna, R.: Mass Transfer in Multi-Component Mixtures, Delft Univ. Press, 2000



### 5.11. Integrierte innovative Reaktorkonzepte

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Integrierte innovative Reaktorkonzepte
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• haben methodisch grundlagenorientierte Lösungskompetenz für Problemstellungen bei reaktiven Prozessen in der Verfahrenstechnik</li><li>• 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</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> <b>1. Einleitung &amp; Repetitorium</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Typische Reaktortypen &amp; Reaktionsführungen (absatzweise, kontinuierlich, isotherm, adiabat, polytherm)</li><li>• Unit-Operations der thermischen &amp; mechanischen Verfahrenstechnik (Destillation, Rektifikation, Strippen, Absorption, Adsorption, Chromatographie, Kristallisation, Extraktion, Pervaporation, Membranverfahren, Ultrafiltration, Mahlung, Extrusion)</li></ul> <b>2. Innovative Reaktorkonzepte (allgemeine Konzepte)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Konzept und Klassifizierung der Multifunktionalität in chemischen Reaktoren</li><li>• In-Situ-Synergien zwischen Reaktionsführung und Unit-Operation</li><li>• Diffusiver, konvektiver Stofftransport; rekuperativer, regenerativer, konvektiver Wärmetransport; Wärmeleitung; homogene, heterogene Koppelreaktionen</li><li>• Darstellung bi- bzw. multifunktionaler Reaktionsführungen (Beschreibung, Voraussetzungen, Bewertung)</li><li>• Einsatzgebiete multifunktionaler Reaktoren</li></ul> <b>3. Ausgewählte Beispiele innovativer Reaktorkonzepte aus Forschung &amp; Technik - aktuelle Probleme</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reaktivdestillation</li><li>• Adsorptiver Reaktor (Anwendung, Potenzial, Modellierung, Grenzen)</li><li>• Reaktivchromatographie</li><li>• Membranreaktor</li><li>• Reverse-Flow-Reaktor</li><li>• Auslegung und Optimierung multifunktionaler Reaktoren Entwicklungsperspektiven</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Reaktionstechnik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

M / 5 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



## 5.12. Kältetechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Kältetechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen, unter Anwendung der thermodynamischen Grundlagen, die Prinzipien zur Bereitstellung von Kälte. Sie können, ausgehend von der Berechnung der Kühllast und den spezifischen Kühlanforderungen, eine Kälteanlage elementar auslegen. Hierzu erwerben die Studierenden grundlegende Kenntnisse über das gesamte Spektrum der Kältemaschinen. Zudem wird die Gewinnung von möglichst energieeffizienten, wirtschaftlichen und umweltschonenden technischen Lösungen zur Kältebereitstellung angestrebt.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Historischer Überblick zur Entwicklung der Kältetechnik</li><li>2. Thermodynamische Grundlagen, 1. und 2. Hauptsatz, Zustandsverhalten der Kältemittel</li><li>3. Prinzipien und Verfahren zur Bereitstellung von Kälte</li><li>4. Kaltgasmaschinen, Dreiecks-, Joule- und Philipsprozess, Charakteristik, Einsatzmöglichkeiten und Prozessverbesserungen</li><li>5. Gasverflüssigung, Lindeprinzip, Prozessverbesserungen</li><li>6. Kompressionskältemaschinen, Kaldampfprozess, Leistungsparameter, Einsatzkriterien</li><li>7. Absorptionskältemaschinen, Zweistoffsysteme, Rektifikation, Absorption, Drosselung, ökonomische Einsatzbedingungen</li><li>8. Dampfstrahlkältemaschinen</li><li>9. Auslegung von kältetechnischen Anlagen, Kühllastberechnungen und Kälteanwendungen, Prozessmodellierung, Abkühlzeiten</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Technische Thermodynamik I und II
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / K/M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. F. Schulz, FVST



### 5.13. Modellierung und Simulation der biologischen Prozesse in Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Modellierung und Simulation der biologischen Prozesse in Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Ziel des Moduls ist der Erwerb von Kompetenzen zur Methode der dynamischen Simulation als ingenieurtechnisches Instrumentarium für die Planung von abwasser-technischen Anlagen und Biogasanlagen. Als Grundlage der Simulation von biologischen Kläranlagen und Biogasanlagen werden Kenntnisse zu Modellen der biologisch-chemischen Umwandlungsprozesse und zu ergänzenden Modellen (z. B. Sedimentationsmodelle) vermittelt. Dabei wird auf die grundlegenden Methoden der Modellerstellung über theoretische Prozessanalysen und teilweise auch auf Ansätze zur experimentellen Prozessidentifikation und experimentellen Bestimmung der erforderlichen Eingangsdaten eingegangen. Das Modul zielt auf ein fundiertes Verständnis der Standard-Belebtschlammmodelle (z. B. ASM3 – Activated Sludge Model No. 3) und Standard-Modelle für die anaerobe Vergärung/Biogaserzeugung (z. B. ADM 1 – Anaerobic Digestion Model No. 1). Die Methodik zur Durchführung von Simulationsstudien wird vermittelt und am Beispiel eines konkreten Simulationssystems demonstriert. Die Anwendungsmöglichkeiten der Simulation zur Auslegung von Anlagen und Unterstützung sowie Optimierung der Prozessführung werden diskutiert.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in das Modul mit: Struktur des Moduls, organisatorische Fragen, inhaltliche Abgrenzung, Beschreibung der Anwendungsfelder der Simulation anhand von Beispielen, Kompetenzvermittlung zu Grundlagen der Modellierung, zu Stoffbilanzen, Erhaltungssätzen, Reaktortypen (CSTR, PFR, SBR).</li><li>• Kompetenzvermittlung zur Modellierung mikrobiologischer Prozesse mit den Schwerpunkten: Ernährungstypen, Kinetik, Stöchiometrie, Vorstellung der Belebtschlammmodelle (ASM-Modelle).</li><li>• Vermittlung von Kenntnissen zu Stoffgruppen und Prozessen zur Beschreibung der Stickstoff- und Kohlenstoffelimination sowie zu Stoffgruppen und Prozessen zur Beschreibung der biologischen und chemischen Phosphorelimination.</li><li>• Vermittlung von Kenntnissen zum vierstufigen Prozess der anaeroben Vergärung/Biogaserzeugung, Unterschied zwischen Faulturm (Klärschlammvergärung) und Biogasanlage, Vorstellung der verschiedenen Betriebsweisen und Bauformen von Biogasanlagen.</li><li>• Vermittlung von Kenntnissen zur Charakterisierung der für die Biogaserzeugung verwendeten komplexen Substrate (Weender Analyse und Erweiterung nach Van Soest) und zur Implementierung dieser Daten in das Simulationsprogramm.</li><li>• Kompetenzvermittlung zur Modellierung der vierstufigen anaeroben Vergärung, Vorstellung der Faulungsmodelle von Siegrist, Vorstellung des Modells ADM1 und der davon abgeleiteten Varianten/Erweiterungen.</li><li>• Vorstellung eines allgemeinen Simulationssystems (MATLAB/SIMULINK/SIMBA bzw. SIMBA#); Vermittlung von Kompetenzen zu Modellaufbau (Auswahl und Verschaltung von Simulationsblöcken), Zulaufmodellierung und Datenaufbereitung, Modellkalibrierung und Modellverifikation.</li><li>• Anwendung der Simulation: Demonstration der verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Simulation an ausgewählten Beispielen für die Bereiche Abwasserreinigung und Biogaserzeugung.</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (1 SWS) als Blockveranstaltung, ggf. mit begleitender Übung (als Simulationspraktikum im Ifak)





**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Der vorherige oder parallele Besuch der Lehrveranstaltung „Abwasserreinigung und Klärschlamm Entsorgung“ wird empfohlen.

**Arbeitsaufwand:**

2 SWS

Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 3 CP

**Lehrende:**

PD Dr. habil. F. Uhlenhut / Dr. P. Biernacki

**Literaturhinweise:**

Wichern, M. (2010) Simulation biochemischer Prozesse in der Siedlungswasser-wirtschaft: Lehrbuch für Studium und Praxis, Deutscher Industrie-Verlag, ISBN-10: 3835631799.

Uhlenhut, F. (2014) Modellierung biologischer Prozesse in Abwasserbehandlungs-anlagen und Biogasanlagen, docupoint Verlag, ISBN-10: 3869120940



#### 5.14. Modellierung von Bioprocessen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Modellierung von Bioprocessen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Den Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen der mathematischen Modellierung biotechnologischer Prozesse, die im Rahmen von Forschung und industrieller Produktion eingesetzt werden. Die Studierenden sind in der Lage, Verfahren zur Lösung einfacher Differentialgleichungen, zur Ermittlung von Parametern aus experimentellen Daten und zur Beurteilung der Qualität der Modellanpassung anzuwenden. Die theoretischen Ansätze werden in einer begleitenden Rechnerübung vertieft. Basierend auf der Programmiersprache Matlab lernen die Studenten konkrete Aufgabenstellungen aus der Praxis in Einzel- oder Kleingruppenarbeit umzusetzen und in Form von lauffähigen Programmen zu dokumentieren.
<b>Inhalt:</b> Mathematische Modelle Massenbilanzen, Bilanzgleichungen, Bildungsraten, Eintrags- und Austragsterme Allgemeines Modell für einen einfachen Bioreaktor, Unstrukturierte und strukturierte Modelle Gleichungen für die Reaktionskinetik Allgemeine Grundlagen, Enzymkinetiken, Zellwachstum, Zellerhaltung, Zelltod Produktbildung, Substratverbrauch, Umgebungseffekte (Einführung: Regressionsanalyse) Lösung der Modellgleichungen Differentialgleichungen und Integrationsverfahren, Rand- und Anfangsbedingungen Stationäre und dynamische Modelle, Überprüfung eines Modells (Einführung: Gewöhnliche Differentialgleichungen / Numerische Integration) Bioprocesse Batch Kulturen, Kontinuierliche Kulturen, Fed-Batch Kulturen, Chemostaten mit Biomasse-Rückführung Transport über Phasengrenzen Kinetische Modelle für den Sauerstoffverbrauch, Bestimmung des $kl-a$ und der Sauerstoff-Transportrate, Sauerstofflimitierung in Batch Prozessen Modellvalidierung Analyse der Residuen, Autokovarianz und Autokorrelation, Kreuzkovarianz und Kreuzkorrelation Parameterunsicherheiten und Modellauswahl Komplexe Modelle
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelors
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, (42 h Präsenzzeit + 78 h Selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (120 min) / Übungsschein / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. U. Reichl, FVST <b>Lehrender:</b> Prof. U. Reichl



**Literaturhinweise:**

- Bailey, J.E. and Ollis, D.F.** (1986): Biochemical engineering fundamentals, McGraw-Hill, second edition
- Dunn, I.J.** (1992): Biological reaction engineering. Principles, applications and modelling with PC simulation, Wiley VCH
- Ingham, J., Dunn, J.I., Heinzle, E., Prenosil, J.E.** (1992): Chemical engineering dynamics, Wiley VCH
- Nielsen, J., Villadsen, J. and Gunnar, L.** (2003): Bioreaction Engineering Principles, 2<sup>nd</sup> Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York
- Schuler, M.L., Kargi, F.** (2006): Bioprocess Engineering, 2<sup>nd</sup> ed., Prentice Hall, New York.



### 5.15. Molekulares Modellieren

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Molekulares Modellieren
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> In dieser Vorlesung erlangen die Studenten 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. 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
<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.

**5.16. Nachhaltige Prozesstechnik für nachwachsende Rohstoffe und CO<sub>2</sub> für die Chemie-Produktion (bisher Chemische Prozesskunde)**

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Nachhaltige Prozesstechnik für nachwachsende Rohstoffe und CO<sub>2</sub> für die Chemie-Produktion (bisher: Chemische Prozesskunde)</b>
<i>Englischer Titel</i>	<b>Sustainable Process Technology for renewable feedstocks und CO<sub>2</sub> for Chemical Production</b>
<i>Modulniveau nach DQR</i>	Niveaustufe 6 (Bachelorniveau)
<i>Modulnummer</i>	
<i>Untertitel</i>	
<i>Lehrveranstaltungen</i>	Nachhaltige Prozesstechnik für nachwachsende Rohstoffe und CO <sub>2</sub> für die Chemie-Produktion
<i>empfohlenes Studiensemester</i>	4. Semester
<i>Häufigkeit des Angebots/ Angebotsturnus</i>	jedes SoSe
<i>Modulverantwortliche:r</i>	Prof. Hamel FVST-IVT
<i>Dozent:in</i>	Prof. Hamel / apl. Prof. Lorenz / Prof. Wagemann
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Studiengang/ Curriculum / Verwendbarkeit des Moduls</i>	► Pflichtmodul Chemieingenieurwesen, B.Sc. ► Wahlpflichtmodul Verfahrenstechnik aber geplant im neuen BA-VT Verfahrens- und Umwelttechnik nachhaltiger Systeme, B.Sc.
<i>Lehrform und SWS</i>	Vorlesung 2 SWS Präsenzzeit Seminar 2 SWS Präsenzzeit
<i>Arbeitsaufwand</i>	Präsenzzeit/Selbststudium/Klausur: 4 SWS, 56 Std. / 92,5 Std. / 1,5 Std.; insg. 150 Std.
<i>Dauer des Moduls</i>	1 Semester
<i>Credit Points (CP)</i>	4-5
<i>Voraussetzung für die Vergabe von CP</i>	Bestehen der Klausur.
<i>Teilnahmevoraussetzungen</i>	Chemie, Physik, Verfahrenstechnische Grundlagen
<i>Empfehlungen für die Teilnahme</i>	



*Modulziele / angestrebte  
Lernergebnisse / Learning  
Outcomes*

Die Studenten

- ▶ erwerben ein Grundverständnis für ausgewählte großtechnische Prozesse der organischen bzw. anorganischen Chemie und der chemischen Verfahrenstechnik
- ▶ sind in der Lage stoffliche und technische Aspekte ausgewählter chemischer Prozesse als Ganzes einzuordnen und auf andere Prozesse zu übertragen
- ▶ können die Verfahrensentwicklung, apparative Umsetzung und Wirtschaftlichkeit chemischer Prozesse auch ohne den Einsatz fossiler Rohstoffe einschätzen
- ▶ haben einen sicheren Umgang bei der Gestaltung von Verfahren mit nachwachsenden Rohstoffen, Kreislaufführung, Recycling bzw. können diesbezüglich auftretende Problemstellungen analysieren und lösen
- ▶ können Power-to-Chemicals-Konzepte und insbesondere die zentrale Rolle von Wasserstoff und den Weg in die klimaneutrale Chemie-Produktion einordnen

*Inhalt*

Inhalt:

### **Prozesstechnik und Prozesskunde**

#### **CH (5VL)**

- ▶ Stoffliche und technische Aspekte der industriellen Chemie am Beispiel ausgewählter Verfahren und Produkte
- ▶ Hierarchische Struktur des Produktionsprozesses, VT-Fließbilder
- ▶ Verfahrensauswahl und Verfahrensentwicklung: Grundlagen methodischer Lösungsversuche, Vor- und Hauptstudien der Verfahrensentwicklung und Prozesssynthese
- ▶ Probleme bei der Prozessentwicklung und beim Betrieb von Chemieanlagen bei Wechsel auf nachwachsenden Rohstoffen
- ▶ Energiebedarf, Umweltbelastungen, Anlagensicherheit

#### **HL (2VL)**

- ▶ Stammbäume, Rohstoffe und deren Aufarbeitung (Raffinerie), organische Zwischenprodukte, organische Folgeprodukte, anorganische Massenprodukte
- ▶ Produktstammbäume und deren Querverbindung zu anderen Produktgruppen

### **Nachwachsende Rohstoffe**

#### **KW Teil 1 (3VL)**

- ▶ Einführung: Optionen für eine Chemie-Produktion ohne Einsatz fossiler Rohstoffe (defossilisierte Chemie)
- ▶ Chemikalien auf Basis nachwachsender Rohstoffe, C2- / C3-Grundchemikalien, Biokunststoffe



- ▶ Integrierte Produktion auf Basis von Nachwachsenden Rohstoffen – Lignocellulose-, Biogas- und Synthesegas-Bioraffinerie

#### **KW Teil 2 (3VL)**

- ▶ Kreislaufführung – Nutzung von Kunststoff-Abfällen: Herausforderungen/ Recycling/chemisches Recycling/Pyrolyse und Vergasung
- ▶ Power-to-Chemicals-Konzepte: Power-to-Gas – Einführung/Elektrolyse und Elektrolyseure für Wasserstoff/ Co-Elektrolyse für Syngas, Ethylen, Formiat, Ammoniak/P-2-Chemicals Produktionsketten/Rolle des Stromsystems
- ▶ Die zentrale Rolle von Wasserstoff: Wasserstoff-Nutzung/Farbenlehre
- ▶ Klimaneutrale Chemie-Produktion in 2050 – der Weg dorthin

#### *Studien- / Prüfungsleistungen / Prüfungsformen*

Klausur, 90 Minuten

#### *Literatur*

–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  
–Moulijn, van Diepen, Chemical Process Technology, Wiley, 2001  
–Blaß, E.: Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1997  
Baerns, M. et. al.: Technische Chemie, Wiley-VCH, 2006  
–Thomas Seidensticker, Arno Behr, Einführung in die Chemie nachwachsender Rohstoffe, Springer Berlin Heidelberg, 2018

#### *Sonstige Informationen*

Exkursion (z.B. Zellstoffwerk Arneburg Stendal)

#### *Freigabe / Version*

Letzte Überarbeitung des Moduls: 21.10.2022



## 5.17. Physikalische Chemie II

**Studiengang:**

Wahlpflichtfach Master Verfahrenstechnik

**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 Modeling“) 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 (quantentechnische 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:**

6 SWS

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

**Lehrende:**

PD Dr. J. Vogt, FVST

**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



**5.18. Plant and apparatus engineering in solid-state process engineering: design, implementation and problem-solving**

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Anlagen- und Apparatebau in der Feststoff-Verfahrenstechnik: Auslegung, Umsetzung und Problemlösung</b>
<i>Englischer Titel</i>	Plant and apparatus engineering in solid-state process engineering: design, implementation and problem-solving
<i>Modulniveau nach DQR</i>	Masterniveau
<i>Modulnummer</i>	
<i>Untertitel</i>	
<i>Lehrveranstaltungen</i>	Vorlesung
<i>empfohlenes Studiensemester</i>	1. Semester
<i>Häufigkeit des Angebots/ Angebotsturnus</i>	min. einmal jährlich
<i>Modulverantwortliche:r</i>	Hon.-Prof. Dr.-Ing. Mirko Peglow
<i>Dozent:in</i>	Hon.-Prof. Dr.-Ing. Mirko Peglow
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Studiengang/ Curriculum / Verwendbarkeit des Moduls</i>	▶ MA Verfahrenstechnik ▶ MA Chemical and Energy Engineering
<i>Lehrform und SWS</i>	Vorlesung 2 SWS Präsenzzeit
<i>Arbeitsaufwand</i>	Präsenzzeit / Selbststudium / Prüfung 2 SWS, 28 Std. / 80 Std. / 1 Std.
<i>Dauer des Moduls</i>	1 Semester
<i>Credit Points (CP)</i>	4
<i>Voraussetzung für die Vergabe von CP</i>	Bestehen der Prüfung mit Note
<i>Teilnahmevoraussetzungen</i>	keine
<i>Empfehlungen für die Teilnahme</i>	Regelmäßige und aktive Teilnahme an den Vorlesungen



<i>Modulziele / angestrebte Lernergebnisse / Learning Outcomes</i>	The students understand the basic procedure for the design, implementation and problem solving of equipment and plant engineering concepts in solids process engineering. On the basis of various application examples from industrial practice, the students will be taught the ability to abstract the process to such an extent that an estimation of the plant size, the achievable throughputs and the necessary energy input is possible with simple means. It will be shown how these simple estimates can initially be used as a basis for a plant design and later be supported by more complex models. The application examples used in the lecture are mainly drying and granulation processes in which solids are treated by means of convection and contact dryers.
<i>Inhalt</i>	Content: <ul style="list-style-type: none"><li>• Basics of apparatus and plant engineering</li><li>• Basics of plant design</li><li>• – Drying and granulation processes in solids process engineering</li><li>• Design of convection dryers (mass and energy balances)</li><li>• Design of contact dryers (mass and energy balances)</li><li>• Heat and mass transfer in convection and contact dryers</li><li>• Application examples and case studies from industrial practice</li></ul>
<i>Studien- / Prüfungsleistungen / Prüfungsformen</i>	Mündliche Prüfung ca. 60 min.
<i>Literatur</i>	Vorlesungsskript Ausgewählte wissenschaftliche Publikationen aus dem Fachgebiet
<i>Sonstige Informationen</i>	Keine
<i>Freigabe / Version</i>	Letzte Überarbeitung des Moduls, 20.09.21



### 5.19. Product quality in the chemical industry

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Module:</b> Product quality in the chemical industry
<b>Objectives:</b> Understanding the <ul style="list-style-type: none"><li>• Requirement profiles for products of the chemical and process industry</li><li>• Relation between structure and functionality of complex products</li><li>• Opportunities and methods for product design</li></ul>
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fundamentals of product design and product quality in the chemical industry (differences to mechanical branches of industry, customer orientation, multi-dimensionality and complexity as opportunities for product design)</li><li>• Formulation and properties of granular materials (dustiness, fluidizability, storage, color and taste, pourability, adhesion and cohesion, bulk density, redispersibility, instantization etc.)</li><li>• Detergents (design by composition and structure, molecular fundamentals and forces, tensides and their properties, competitive aspects of quality, alternative design possibilities, production procedures)</li><li>• Solid catalysts (quality of active centres, function and design of catalyst carriers, catalyst efficiency, formulation, competitive aspects and solutions in the design of reactors, esp. of fixed bed reactors, remarks on adsorption processes)</li><li>• Drugs (quality of active substances and formulations, release kinetics and retard characteristics, coatings, microencapsulation, implants, further possibilities of formulation)</li><li>• Clean surfaces (the "Lotus Effect", its molecular background and its use, different ways of technical innovation)</li><li>• Short introduction to quality management after ISO in the chemical industry (block lecture and workshop by Mrs. Dr. Fruehauf, Dow Deutschland GmbH)</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures / Exercises / Lab exercises / Workshop; (summer semester)
<b>Prerequisites:</b>
<b>Work load:</b> 3 hours per week, Lectures and tutorials: 42 h, Private studies: 78 h
<b>Examinations /Credits:</b> Oral exam / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Prof. E. Tsotsas / Dr. A. Kharaghani, FVST
<b>Literature:</b> Handouts will be given in lecture



## 5.20. Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen der Produktgestaltung in der stoffumwandelnden 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, Redispergierbarkeit 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
<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> Prof. E. Tsotsas / Dr. A. Kharaghani, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Eigene Notizen zum Download.



## 5.21. Projektarbeit Verfahrensplanung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Projektarbeit Verfahrensplanung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• sind in der Lage eine komplexe, praxisnahe verfahrenstechnische Problemstellung (Großprozess, z.B. Steamcracker) gemeinsam zu bearbeiten und in einem interdisziplinären Team Lösungen für einzelne Teilaufgaben zu entwickeln</li><li>• haben die Fähigkeit komplexe Problemstellungen in einem festen Zeitrahmen zielorientiert zu bearbeiten und die Ergebnisse, wie im Anlagenbau üblich, zu dokumentieren und in einem Vortrag zu präsentieren</li><li>• entwickeln und festigen ihre Fertigkeiten aus den Grundlagenfächern bei der Auswahl, Auslegung, Gestaltung von Verfahren</li><li>• können fächer- und lernbereichsübergreifende Beziehungen und Zusammenhänge herstellen und anwenden</li></ul>
<b>Inhalt:</b> Gegenstand des Moduls ist die verfahrenstechnische Auslegung in Detailstudien wesentlicher Komponenten eines industriellen Verfahrens bzw. Prozesses, z.B. des Steamcrackens, unter Beachtung der gesetzlichen Vorgaben bei optimaler Nutzung der zur Verfügung stehenden Energien und minimalem Kostenaufwand. Die Arbeit sollte dabei folgender Struktur entsprechen: <ul style="list-style-type: none"><li>• Literaturrecherche zum Stand der Technik</li><li>• Überblick über gegenwärtige Verfahren für die formulierte Aufgabenstellung</li><li>• Diskussion aller für den Prozess (z.B. Steamcracken) wesentlichen Apparate bzw. Prozessschritte</li><li>• Detailstudien wesentlicher Komponenten (nach Absprache) in Form modellbasierter Studien</li><li>• Sicherheitstechnische Aspekte</li><li>• Abschätzung der Investitions- und Betriebskosten</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Projektarbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Reaktionstechnik I, Thermische-, Mechanische- und Systemverfahrenstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / Belegarbeit / M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Hamel, Dr. Gerlach 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

**5.22. Prozesssimulation (mit ASPEN)**

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Prozesssimulation (mit ASPEN)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Vorlesung vermittelt die grundlegenden Schritte des konzeptionellen Prozessentwurfs und die systematische Vorgehensweise bei der Modellierung und Simulation stationärer und dynamischer verfahrenstechnischer Prozesse unter Benutzung industrierelevanter kommerzieller Simulationswerkzeuge (z. B. <i>Aspen Plus</i> und <i>Aspen Dynamics</i> ). Die Studenten werden in die Lage versetzt, Simulationswerkzeuge eigenständig und zielführend für den konzeptionellen Prozessentwurf und für die Bewertung unterschiedlicher Prozessvarianten einzusetzen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in die industrielle Prozessentwicklung</li><li>• Einführung in den Simulator <i>Aspen Plus</i> für die stationäre Prozesssimulation</li><li>• Stoffdaten (Reinstoffe, Gemische), Phasengleichgewichtsmodelle</li><li>• Apparate-Modellierung:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Chemische Reaktoren (Modelle)</li><li>○ Trennapparate (Destillation, Extraktion)</li><li>○ Wärmetauscher</li><li>○ Mischer, Separatoren</li><li>○ Pumpen, Verdichter</li></ul></li><li>• Rückführungen, Synthese von Trennsequenzen, Verschaltung zum Gesamtprozess</li><li>• Flowsheet-Simulation ausgewählter Beispielprozesse in <i>Aspen Plus</i></li><li>• Short-cut Methoden für Einzelapparate und für die Prozesssynthese</li><li>• Vorstellung der dynamischen Prozesssimulation mit <i>Aspen Dynamics</i></li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung, 1 SWS Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Prozessdynamik, Systemverfahrenstechnik, Thermische Verfahrenstechnik, Chemische Reaktionstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M 30 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Voigt, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Foliensatz zur Vorlesung (zum Download); Baerns et al.: Technische Chemie (Wiley-VCH); Biegler et al.: Systematic Methods of Chemical Process Design (Prentice Hall); Smith: Chemical Process Design (McGraw-Hill);





### 5.23. Rheologie und Rheometrie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Rheologie und Rheometrie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Mehrzahl aller fluiden Stoffe mit denen wir umgeben sind, weisen nicht-Newtonsche Eigenschaften auf (Pharmazie- und Medizintechnik, Kosmetikindustrie, Lebensmittelindustrie, Petrochemie, Baustoffindustrie, Keramikindustrie, Farbindustrie, Polymerherstellung...). Das Fließverhalten dieser Stoffe spielt in der Produktions- und Anwendungstechnik, der Qualitätssicherung, der Materialforschung und -entwicklung eine zentrale Rolle. Mit der Vorstellung rheologischer Phänomene beginnend, werden die physikalischen Eigenschaften wie Viskosität, Elastizität und Plastizität erläutert. Daran schließt sich eine Einteilung und die mathematische Beschreibung der rheologischen Zustandsgleichungen der Medien an. Einfache laminare rheologische Strömungen werden zuerst behandelt, bevor turbulente Eigenschaften diskutiert werden. Aktuelle Messmethoden und abgeleitete Modelle bilden einen Schwerpunkt der Vorlesung. Nach der Teilnahme an diesem Modul beherrschen die Studenten alle grundsätzlichen Konzepte, die für die Beschreibung komplexer Fluide notwendig sind. Sie kennen die charakteristischen Eigenschaften nicht-Newtonscher Fluide sowie ihre volkswirtschaftliche Bedeutung und die wichtigsten Einsatzgebiete. Sie sind in der Lage, komplexe Stoffverhalten zu identifizieren, charakterisieren, interpretieren und in theoretische/numerische Modelle einfließen zu lassen. Teilnehmer werden außerdem durch praktische Übungen in die Lage versetzt, Versuche mit Rheometern durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen der Rheologie, Teilgebiete, rheologische Phänomene (Begriffe und Definitionen, Verhalten bei angelegter Spannung, elastische Körper und viskose Körper)</li><li>• Physikalische Grundlagen, Erhaltungssätze</li><li>• Einfache Deformationsformen</li><li>• Rheologische Messprinzipien, Geräte und Methoden (stationäre Methoden, instationäre Methoden, Rheometertypen, Messung anderer rheologischer Parameter)</li><li>• Klassifizierung. Ideale Körper: Newtonsche, Hookesche, St.-Venant-Körper; Nicht-Newtonsche zähe Flüssigkeiten: rheostabile, -dynamische, vikoelastische Flüssigkeiten.</li><li>• Methoden zur Aufstellung der Fließfunktion (Approximation der Fließkurve, halbtheoretische Ansätze, molekularkinetische Ansätze, mechanische Modelle)</li><li>• Einfluss von Temperatur, Druck, Zusammensetzung</li><li>• Ingenieurtechnische Anwendungen (Spaltströmung, Rohrströmung, Ringspaltströmung, Breitschlitz-Düse; Rührwerksauslegung, Extruderauslegung)</li><li>• Rheologie biologischer und biomedizinischer Fluide</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> V.: 2 SWS; Ü.: 1 SWS
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Strömungsmechanik, Thermodynamik, Mechanik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. D. Thévenin, FVST

**Literaturhinweise:**

G. Böhme: Strömungsmechanik nichtnewtonscher Fluide, Teubner Verlag



## 5.24. Technische Kristallisation

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik

**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
  - Lösungs-gleichgewichte
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 Kristallisator 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

**Empfehlung für begleitende Literatur:**

- 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



## 5.25. Toxikologie und Gefahrstoffe

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<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
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<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



## 5.26. Trocknungstechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<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

**Weitere Fächer aus dem Angebot des Ingenieurcampus können auf begründeten schriftlichen Antrag an den Prüfungsausschuss (Vorsitzende Frau Prof. Dr. Franziska Scheffler) als Wahlpflichtfach anerkannt werden.**