

**Modulhandbuch für den**  
**Studiengang**  
**Verfahrenstechnik**

zur SPO 2020

ab Immatrikulation Wintersemester 2020-21

Stand: 01.10.2021



## Inhaltsverzeichnis

1	Konzept unserer verfahrenstechnischen Ausbildung	4
1.1	Verfahrenstechnik als Ingenieurdisziplin	4
1.2	Das Studienkonzept	4
2	Beschreibung der Ziele des Studienganges	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
3.5.	Physik	11
3.6.	Anorganische Chemie	12
3.7.	Organische Chemie	14
3.8.	Physikalische Chemie	15
3.9.	Technische Mechanik I	17
3.10.	Technische Mechanik 2/3	18
3.11.	Technische Darstellungslehre	19
3.12.	Grundlagen der Maschinenelemente	20
3.13.	Werkstoffe I	21
3.14.	Werkstoffe II	23
3.15.	Allgemeine Elektrotechnik I	24
3.16.	Allgemeine Elektrotechnik II	25
3.17.	Technische Thermodynamik	26
3.18.	Strömungsmechanik	28
3.19.	Regelungstechnik	29
3.20.	Messtechnik	30
3.21.	Prozessdynamik I	31
3.22.	Wärme- und Stoffübertragung	32
3.23.	Gemisch- und Grenzflächenthermodynamik	34
3.24.	Mechanische Verfahrenstechnik	36
3.25.	Apparatetechnik	38
3.26.	Thermische Verfahrenstechnik	40
3.27.	Reaktionstechnik	42
3.28.	Chemische Prozesse und Anlagen	44
3.29.	Bioverfahrenstechnik	45
3.30.	Praktikum Verfahrenstechnik	48
3.31.	Verfahrenstechnische Projektarbeit	49
3.32.	Nichttechnische Fächer	50
3.33.	Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag	51
3.34.	Bachelorarbeit	53
4.	Masterstudiengang Verfahrenstechnik, Pflichtmodule	54
4.1.	Dynamik komplexer Strömungen	54
4.2.	Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen	55
4.3.	Simulation mechanischer Prozesse	57
4.4.	Systemverfahrenstechnik	59
4.5.	Transport phenomena in granular, particulate and porous media	60
4.6.	Nichttechnische Fächer	61
4.7.	Masterarbeit	62
5.	Masterstudiengang Verfahrenstechnik, Wahlpflichtmodule	63
5.1.	Anlagen- und Apparatebau in der Feststoff-Verfahrenstechnik: Auslegung, Umsetzung und Problemlösung	63
5.2.	Adsorption und heterogene Katalyse	64
5.3.	Advanced Process Systems Engineering	66



5.4.	Analysis and Design of Experiments.....	67
5.5.	Arbeits- und Gesundheitsschutz.....	68
5.6.	Bioseparationen.....	70
5.7.	Charakterisierung von Festkörperkatalysatoren und Adsorbenzien .....	71
5.8.	Cell Culture Engineering.....	72
5.9.	Chemische Prozesskunde.....	74
5.10.	Combustion Engineering .....	76
5.11.	Computational Fluid Dynamics.....	78
5.12.	Control of Toxic Trace Elements .....	79
5.13.	DE project: Visualization of Process Engineering Applications.....	80
5.14.	Dispersed Phase Systems in Chemical Engineering .....	82
5.15.	Drying Technology.....	83
5.16.	Einsatz von Mikrowellen und Ultraschall in der Verfahrens- und Umwelttechnik .....	85
5.17.	Electrochemical Process Engineering.....	86
5.18.	Erzeugung von Nanopartikeln.....	87
5.19.	Fundamentals of Multiphase Flows .....	89
5.20.	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung .....	90
5.21.	Integrierte innovative Reaktorkonzepte.....	91
5.22.	Kältetechnik .....	93
5.23.	Machine Learning in Chemical Engineering.....	94
5.24.	Mechanische Trennprozesse .....	95
5.25.	Micro Process Engineering.....	97
5.26.	Mikrobielle Biochemie.....	98
5.27.	Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen .....	99
5.28.	Modellierung von Bioprozessen .....	100
5.29.	Moderne Analysenmethoden / Instrumentelle Analyse .....	102
5.30.	Molekulares Modellieren.....	103
5.31.	Numerik für Ingenieure.....	104
5.32.	Numerische Strömungsmechanik.....	105
5.33.	Numerische Werkzeuge für technisch-chemische Problemstellungen .....	107
5.34.	OMICS-Technologien .....	109
5.35.	Physikalische Chemie II .....	111
5.36.	Plant and apparatus engineering in solid-state process engineering: design, implementation and problem-solving .....	113
5.37.	Product quality in the chemical industry .....	114
5.38.	Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie .....	115
5.39.	Projektarbeit Verfahrensplanung .....	116
5.40.	Prozessoptimierung.....	118
5.41.	Prozesssimulation (mit ASPEN).....	120
5.42.	Prozess- und Anlagensicherheit.....	121
5.43.	Rheologie und Rheometrie.....	122
5.44.	Strukturelle und funktionale Analyse von zellulären Netzwerken.....	124
5.45.	Technische Kristallisation .....	126
5.46.	Technology and Innovation Management in the Biotech Industry .....	128
5.47.	Trocknungstechnik.....	130
5.48.	Umweltchemie .....	132
5.49.	Waste Water and Sludge Treatment.....	135
5.50.	Wirbelschichttechnik.....	136



# 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 Signalflusses 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. Verfahrenstechniker 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 weiter entwickelt, 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

#### 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 Programmieretechniken</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.



### 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>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> <b>Anorganische Chemie</b>
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> 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.
<b>Inhalt</b> 1. Atombau: Aufbau der Materie, Atomaufbau, Kernreaktionen, Radioaktivität, Bohrsches Atommodell, Quantenzahlen, Orbitale (s, p, d), Pauli-Prinzip, Hund'sche Regel, Struktur der Elektronenhülle Mehrelektronensysteme, Periodensystem der Elemente 2. Chemische Bindung: Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität, Ionenbindung, Atombindung (kovalente Bindung), Lewis-Formeln, Oktettregel, dative Bindung, Valenzbindungstheorie (VB), Hybridisierung, $\sigma$ -Bindung, $\pi$ -Bindung, Mesomerie, Molekülorbitaltheorie (MO-Theorie), Dipole, Elektronegativität, VSEPR-Modell, Van der Waals-Kräfte 3. Chemische Reaktionen: Ideale Gase, Zustandsdiagramme, Thermodynamik chemischer Reaktionen, Reaktionsenthalpie, Standardbildungsenthalpie, Satz von Heß, Chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Entropie, Geschwindigkeit chemischer Reaktionen, Arrhenius Gleichung, Katalyse (homogen, heterogen), Ammoniaksynthese, Synthese von Schwefeltrioxid, Lösungen, Elektrolyte, Löslichkeitsprodukt, Säure-Base-Theorie (Arrhenius) (Brønsted), pH-Wert, Oxidationszahlen, Oxidation, Reduktion, Redoxvorgänge 4. Stoffchemie: - Wasserstoff (Vorkommen, Eigenschaften, Darstellung) Wasserstoffverbindungen - Edelgase (Vorkommen, Eigenschaften, Verwendung) Edelgasverbindungen - Halogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Verbindungen der Halogene - Chalkogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Verbindungen der Chalkogene, Sauerstoffverbindungen, Oxide, Hyperoxide, Gewinnung von Schwefel (Frasch-Verfahren), Schwefelverbindungen, Schwefelsäureherstellung (techn.) - Elemente der 5. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Stickstoff-Wasserstoffverbindungen, Ammoniaksynthese, Stickoxide, Salpetersäureherstellung - Elemente der 4. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Carbide, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Carbonate, Siliciumdioxid, Herstellung von Reinstsilicium, Silikate, Gläser - Elemente der 3. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) - Elemente der 2. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) - Elemente der 1. Hauptgruppe (außer Wasserstoff) (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) 5. Koordinationschemie: Überblick Übergangsmetalle und Grundlagen der Koordinationschemie 6. Anorganische Chemie in Biologie und Medizin: Überblick - Wichtigkeit und Beispiele Praktikum: Einführung in grundlegende Labortechnik anhand von Ionenreaktionen in wässriger Lösung sowie der qualitativen und quantitativen Analyse.
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum; (WS); (1. Semester)



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Keine

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit 70 Stunden, Selbststudium: 140 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / Praktikumsschein / 6 CP

**Modulverantwortliche:**

Prof. Dr. N. Kulak, FVST

Lehrender:

Dr. V. Lorenz

**Literaturhinweise:**

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



### 3.7. Organische Chemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Organische Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ausgehend von der grundlegenden Einteilung organischer Verbindungen erwerben die Studenten die Fähigkeit, aus wichtigen Strukturmerkmalen (funktionelle Gruppen) Gesetzmäßigkeiten für das Reaktionsverhalten ableiten zu können.</li><li>▪ Sie entwickeln ein Basisverständnis für die Inhalte der aufbauenden Module.</li><li>▪ In der Übung werden die wichtigsten Gesetzmäßigkeiten organischer Reaktionsmechanismen an ausgewählten Beispielen trainiert.</li><li>▪ Das Praktikum dient der Entwicklung von Fertigkeiten im sicheren Umgang mit Gefahrstoffen sowie Labor- und Messgeräten sowie der Schulung des analytischen und logischen Denkens.</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Struktur und Bindung organischer Moleküle</li><li>• Radikalreaktionen</li><li>• Nucleophile Substitution und Eliminierung</li><li>• Additionsreaktionen</li><li>• Substitutionsreaktionen am Aromaten</li><li>• Oxidation und Dehydrierung</li><li>• Carbonylreaktionen</li><li>• bedeutende großtechnische Verfahren</li><li>• Reinigung und Charakterisierung von organischen Substanzen</li><li>• stoffgruppenspezifische Analytik</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 56 Stunden; Selbststudium: 124 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / Praktikumsschein / 6 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Schinzer, FVST



### 3.8. Physikalische Chemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Physikalische Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> 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.
<b>Inhalt</b> <u>Block 1:</u> <i>Einführung</i> Abriss der Hauptgebiete der Physikalischen Chemie; Grundbegriffe, -größen und Arbeitsmethoden der Physikalischen Chemie <i>Chemische Thermodynamik</i> System und Umgebung, Zustandsgrößen und Zustandsfunktionen, 0. Hauptsatz; Gasgleichungen, thermische Zustandsgleichung; Reale Gase, kritische Größen, Prinzip der korrespondierenden Zustände  <u>Block 2:</u> 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  <u>Block 3:</u> 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; <u>Joule-Thomson-Effekt</u>  <u>Block 4:</u> 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  <u>Block 5:</u> Chemisches Gleichgewicht: Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstante und ihre Druck- und Temperaturabhängigkeit; Oberflächenenergie: Oberflächenspannung, Eötvös'sche Regel, Kelvin-Gleichung <i>Kinetik homogener und heterogener Reaktionen</i> Grundbegriffe: allgemeiner Geschwindigkeitsansatz, Ordnung und Molekularität; einfache Geschwindigkeitsgesetze; Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit: Arrhenius-Ansatz  <u>Block 6:</u>



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:**

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





### 3.9. 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. Altenbach, FMB Weitere Lehrende: Jun.-Prof. Woschke, Prof. Juhre, FMB
<b>Literaturhinweise:</b>



### 3.10. 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: Dr. Duvigneau, FMB
<b>Literaturhinweise:</b>



### 3.11. 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>



### 3.12. 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>



### 3.13. Werkstoffe I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Werkstoffe I
<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



**Literaturhinweise:**



### 3.14. Werkstoffe II

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Werkstoffe II
<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>



### 3.15. Allgemeine Elektrotechnik I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Allgemeine Elektrotechnik I
<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.





### 3.16. Allgemeine Elektrotechnik II

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Allgemeine Elektrotechnik II
<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.



### 3.17. 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 Satttdampf- 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



### 3.18. 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>



### 3.19. 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



### 3.20. Messtechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Messtechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nach Abschluss dieses Moduls haben die Studenten ein Grundverständnis für die Basisbegriffe derjenigen Messtechnik, die in der Verfahrenstechnik regelmäßig für Transport- und Energieprozesse eingesetzt wird.</li><li>• Durch die Anwendung in der Übung/Praktikum sind sie in der Lage, mit konventionellen und optischen Messgeräten zu arbeiten, um integrale und lokale Größen zu bestimmen und auszuwerten.</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>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundbegriffe der Messtechnik, Messgenauigkeit, Messbereich, Kalibrierung.</li><li>• Messfehler</li><li>• Signalerfassung und -verarbeitung</li><li>• Messverfahren: für Geschwindigkeit, Massen- und Volumenstrom, Dichte, Druck, Temperatur, Viskosität, Oberflächenspannung und Feuchte</li><li>• Laseroptische Messverfahren: LDA, PDA, LIF, PIV, Schattenverfahren</li><li>• Optische Messverfahren: Schlieren, Interferometrie, Holographie, Absorption, Emission</li><li>• Konzentrationsmessung</li><li>• Füllstandsmessung und Wägung</li></ul>
<b>Lehrform:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Strömungsmechanik, Thermodynamik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / Leistungsnachweis für das Praktikum / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr.-Ing. K. Zähringer, FVST <b>Lehrende:</b> Dr.-Ing. K. Zähringer, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Siehe: <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>



### 3.21. 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>



### 3.22. 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, 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: 42 Stunden, Selbststudium: 108 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





**Literaturhinweise:**

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



### 3.23. 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:**



### 3.24. 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.



### 3.25. 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 Kriterialeichungen. 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: 42 Stunden, Selbststudium: 108 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



### 3.26. 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).



### 3.27. 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
  - Fortschreitungsgrade
  - 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. A. Seidel-Morgenstern / M. Gerlach, FVST



### 3.28. 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



### 3.29. Bioverfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Bioverfahrenstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b>  <u>Teil 1 (Biologie für Ingenieure)</u> 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.  <u>Teil 2 (Bioverfahrenstechnik)</u> 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.
<b>Inhalt:</b>  <u>Teil 1 (Biologie für Ingenieure)</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mikroorganismen</li><li>• Chemie der lebenden Zelle</li><li>• Die prokaryontische Zelle</li><li>• Kultivierung von prokaryonten</li><li>• Grundmechanismen des Stoffwechsels</li><li>• Genetik</li></ul> Praktikum <ul style="list-style-type: none"><li>• Herstellung und Sterilisation von Medien und Materialien</li><li>• Kultivierung von Mikroorganismen (Trübungsmessung, Trockengewicht)</li><li>• Mikroskopie (Färbetechniken, mikroskopische Zellzählung)</li><li>• Physiologie und Biochemie (Verwertung von Substraten, Bildung von Produkten, Sensitivität gegenüber Antibiotika)</li><li>• Identifizierung</li></ul> <u>Teil 2 (Bioverfahrenstechnik)</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung</li><li>• Bioprozesse</li><li>• Vermehrung von Mikroorganismen (Wachstumskinetik, Einfluss physikalischer Faktoren,</li><li>• Produktbildung, Substratverbrauch, Sauerstoffbedarf)</li><li>• Fermentationspraxis (Bioreaktoren, Steriltechnik, Impfkulturen, Transportprozesse,</li><li>• Maßstabsvergrößerung)</li><li>• Analyse von Fermentationsprozessen (On-line Messungen, Off-line Messungen, Prozesskontrolle, Modellierung)</li><li>• Downstream Processing</li></ul>



- 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 Chromatographieranlage, das Chromatogramm, Trennprinzipien der stationären Phasen, Vorversuche zur chromatographischen Trennung, Chromatographische Medien, Gelfiltration, adsorptionschromatographische Methoden)
- Trocknung

#### Übung

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

#### Lehrformen:

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

Vorlesung, Praktikum; (WS); (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. D. Benndorf, FVST



**Literaturhinweise:**

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



### 3.30. 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.





### 3.31. 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 bereit steht. 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: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Präsentation / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> N.N., FVST



### 3.32. 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> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“



### 3.33. 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



### 3.34. 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> Prüfungsausschussvorsitzender



## 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. A. Seidel-Morgenstern / M. Sc. Kaps, 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 (Prozessgestaltung)</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></ol> <ol style="list-style-type: none"><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>



<b>8. Beschreibung</b> kohäsiver Pulver mit Additiven zwecks physikalische Produktformulierung, stochastische Homogenität und Mischkinetik in Hochleistungs-Zwangsmischern
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mechanische Verfahrenstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> mündliche Prüfung / Leistungsnachweis / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. B. v. Wachem, FVST
<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



#### 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> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“



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

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Anlagen- und Apparatebau in der Feststoff-Verfahrenstechnik: Auslegung, Umsetzung und Problemlösung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> 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 Anwendungsbeispiele 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. Für die komplexere Prozessmodellierung werden je nach Anwendungsfall zeitlich und örtlich verteilte Modelle oder auch durch populationsdynamische Modelle genutzt. Die in der Vorlesung genutzten Anwendungsbeispiele sind im wesentlichen Trocknungs- und Granulationsprozesse bei denen Feststoffe mittels Konvektions- und Kontaktrockner behandelt werden.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Grundlagen Apparate- und Anlagenbau</li><li>2. Grundlagen der Anlagenauslegung</li><li>3. Trocknungs- und Granulationsprozesse in der Feststoffverfahrenstechnik</li><li>4. Auslegung von Konvektionstrocknern (Massen- und Energiebilanzen)</li><li>5. Auslegung von Kontaktrocknern (Massen- und Energiebilanzen)</li><li>6. Wärme- und Stoffübergang in Konvektions- und Kontaktrocknern</li><li>7. Anwendungsbeispiele und Fallstudien aus der industriellen Praxis</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung als Blockvorlesung, Übung (Wintersemester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Hon.-Prof. M. Peglow, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Vorlesungsskript zum Download, Ausgewählte wissenschaftliche Publikationen aus dem Fachgebiet



## 5.2. Adsorption und heterogene Katalyse

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





**Modulverantwortlicher:**

Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST

**Literaturhinweise:**

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



### 5.3. Advanced Process Systems Engineering

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Advanced Process Systems Engineering
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <p>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.</p>
<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



#### 5.4. Analysis and Design of Experiments

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



## 5.5. Arbeits- und Gesundheitsschutz

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Arbeits- und Gesundheitsschutz
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• erwerben Kenntnisse in den rechtlichen Grundlagen des Betriebs technischer Anlagen, die unter die Regelungen der Störfallverordnung fallen,</li><li>• lernen die Grund- und erweiterten Pflichten, die sich bei Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen aus der Störfallverordnung ergeben, kennen,</li><li>• entwickeln Fähigkeiten zur Bewertung von Stoffen und Zubereitungen bezüglich von Gefährdungen im Sinne der Gefahrstoffverordnung,</li><li>• erlernen die Bewertung von Gefährdungen aus dem Betrieb technischer Anlagen und Systeme nach Betriebssicherheitsverordnung,</li><li>• erwerben Kenntnisse über das Klassifizierungssystem für Gefahrstoffe (REACH) und Gefahrgüter (GHS).</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Inhalt und Zweck des Bundesimmissionsschutzgesetzes sowie nachgeordneter rechtlicher Regelungen, insbesondere der Störfallverordnung, Inhalt der Seveso-Richtlinien der EU,</li><li>• Merkmale und Ablauf von Störfällen in verfahrenstechnischen Anlagen, Fallbeispiele (Seveso, Flixborough),</li><li>• Pflichten für den Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen, Grundpflichten, erweiterte Pflichten, Mengenschwellen, Sicherheitsabstände, Sicherheitsbericht,</li><li>• Inhalt und Zweck der Gefahrstoffverordnung, Technische Regeln Gefahrstoffe,</li><li>• Systeme und Methoden zur Klassifizierung von Gefahrstoffen, REACH-System, Inhalt des Sicherheitsdatenblattes,</li><li>• Kennzeichnungssysteme für Gefahrstoffe,</li><li>• Inhalt und Zweck der Betriebssicherheitsverordnung und der Technischen Regeln Betriebssicherheit,</li><li>• Pflichten der Betreiber für den sicheren Betrieb von Maschinen, Anlagen und technischen Systemen,</li><li>• Systematische Analyse der Gefährdungen in Betriebsbereichen,</li><li>• Struktur und Inhalt einer Gefährdungsbeurteilung nach Betriebssicherheitsverordnung.</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme:</b> abgeschlossenes Bachelorstudium
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS, Je Präsenzzeit: 45 Stunden, Selbststudium: 60 Stunden
<b>Leistungsnachweis/Prüfung/Credits:</b> - / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> RA K. Schult-Bornemann, FVST



**Literaturhinweise:**

- Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmschG), 12. Verordnung zur Durchführung des BlmschG (StörfallV),
- Mannan: Lee's Loss prevention in the Process Industries,
- Technische Regeln Gefahrstoffe,
- UN Handbücher für den Umgang mit Gefahrstoffen und Gefahrgütern (Yellow Book, Purple Book),
- Betriebssicherheitsverordnung, Technische Regeln Betriebssicherheit,
- Weitere werden in der LV bekannt gegeben.



## 5.6. Bioseparationen

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



## 5.7. 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>



## 5.8. Cell Culture Engineering

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





**Literature:**

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

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

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

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

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

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

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

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



## 5.9. Chemische Prozesskunde

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Chemische Prozesskunde
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• erwerben ein Grundverständnis für ausgewählte großtechnische Prozesse der organischen bzw. anorganischen Chemie und der chemischen Verfahrenstechnik</li><li>• sind in der Lage stoffliche und technische Aspekte ausgewählter chemischer Prozesse als Ganzes einzuordnen und auf andere Prozesse zu übertragen</li><li>• können die Verfahrensentwicklung, apparative Umsetzung und Wirtschaftlichkeit chemischer Prozesse einschätzen (Labor- vs. Industriemaßstab)</li><li>• haben einen sicheren Umgang bei der Gestaltung von Verfahren mit nachwachsenden Rohstoffen bzw. können diesbezüglich auftretende Problemstellungen analysieren und lösen</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Stoffliche und technische Aspekte der industriellen Chemie am Beispiel ausgewählter Verfahren und Produkte</li><li>– Charakterisierung chemischer Verfahren</li><li>– Verfahrensauswahl und Verfahrensentwicklung</li><li>– Probleme bei der Prozessentwicklung und beim Betrieb von Chemieanlagen</li><li>– Versorgung mit Rohstoffen und deren Aufarbeitung, organische Zwischenprodukte, organische Folgeprodukte, anorganische Grundstoffe, anorganische Massenprodukte, moderne anorganische Spezialprodukte</li><li>– Produktstammbäume und deren Querverbindung zu anderen Produktgruppen</li><li>– Energiebedarf, Umweltbelastungen, Anlagensicherheit</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Chemie, Physik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Seidel-Morgenstern / apl. Prof. H. Lorenz / Dr. K. Wagemann
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• U. Onken, A. Behr, Chemische Prozesskunde, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1996</li><li>• Winnacker-Küchler. Hrsg. von Roland Dittmeyer, Chemische Technik: Prozesse und Produkte, Weinheim, Wiley-VCH, 2005</li><li>• W.R.A. Vauck, H.A. Müller, Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1994</li></ul>



- Moulijn, van Diepen, Chemical Process Technology, Wiley, 2001



## 5.10. Combustion Engineering

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Combustion Engineering
<b>Objectives and Competence:</b> The students can conduct energy and mass balances in order to calculate product composition, flame temperature of burners or firing efficiency for heating devices. The student can formulate reaction rates for elementary reactions and identify elementary reactions from global mechanism. They are aware of the techniques to simplify detailed mechanism for specific situations (e.g. lean or rich combustion). The students understand the concept of explosion and flammability, and are able to assess risk related to combustion. They understand the concept of laminar flame propagation that gradients sustained by the chemical reactions permit the necessary heat and mass transport for flame propagation. They can draw qualitatively for a premixed flame, where the flame front is, and the profiles of various quantities (temperature, density, velocity, mass fractions of reactant, intermediate and products). They can estimate the flame height, and they can evaluate the effect of various parameters (pressure, fuel, reactant temperature) on the laminar flame speed. For laminar non-premixed flame, they can draw qualitatively mass fraction and temperature contours, and estimate the length of flame. They grasp the concept of turbulence, and understand the effect of turbulence on the length of turbulent flames whether premixed or non-premixed. They have a basic understanding of the main mechanism involved in the combustion of liquid and solid and fuels. They know the main routes for pollutant formations and available reductive measures. They understand the functioning principles and limitations of the measurement techniques for temperature, velocity, or species concentration for combustion research.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Phenomenology and Typology of Combustion</li><li><input type="checkbox"/> Thermodynamics of Combustion</li><li><input type="checkbox"/> Chemical kinetics</li><li><input type="checkbox"/> Ignition</li><li><input type="checkbox"/> Laminar flame theory (premixed and non-premixed flame)</li><li><input type="checkbox"/> Turbulent Combustion</li><li><input type="checkbox"/> Pollutant formations</li><li><input type="checkbox"/> Combustion of Liquids and Solids</li><li><input type="checkbox"/> Combustion diagnostics</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures with tutorials
<b>Requirement for participation:</b> Thermodynamics, Heat Transfer, Fluid Mechanics, Reaction kinetics
<b>Work load:</b> 3 SWS, Time of attendance: 42 hours, Autonomous work: 78 hours
<b>Examination/Credits:</b> Written exam 120 min / 5 CP
<b>Responsibility:</b> N.N.



**Literature:**

- Documents to be downloaded on e-learning platform
- S. Turns, *"An introduction to Combustion: Concepts and Applications"* McGraw-Hills, 2011
- J. Warnatz, U. Mass and R.W. Dibble, *"Combustion"* Springer, 2006



### 5.11. 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



## 5.12. Control of Toxic Trace Elements

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Module:</b> Control of Toxic Trace Elements
<b>Objectives (competences):</b> The student should be able to <ul style="list-style-type: none"><li>• identify the critical toxic trace element emission sources from industrial processes.</li><li>• understand the principles of the mobility and fate of toxic trace element pollution in the environment</li><li>• develop solutions to reduce critical toxic trace element emissions from industrial processes</li></ul>
<b>Content:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• introduction and concepts</li><li>• selenium: mobility in soil, accumulation in plants and animal feeding; volatility in biochemical processes</li><li>• arsenic: ground water and cleaning of drinking water; inhalation; speciation; phyto-remediation</li><li>• thallium: accumulation in thermal processes</li><li>• cadmium: flue dust from thermal processes; mobilisation in soils and accumulation in edible plants</li><li>• mercury: volatility, aquatic bioaccumulation and immobilisation</li><li>• chromium: surface treatment and carcinogenic chromium(VI) compounds, control of Cr(VI) in thermal processes</li><li>• beryllium: controlling inhalation risks from occupational exposure and emission</li></ul>
<b>Teaching:</b> lectures 2h/semester and tutorial 1 h/semester; (summer semester)
<b>Prerequisites:</b> combustion engineering
<b>Workload:</b> 3 SWS lectures and tutorials: 42 h; private studies: 78 h
<b>Examination/credits:</b> written exam / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Prof. H. Köser, FVST
<b>Literature:</b> script; D. Tillman: trace elements in combustion systems, academic press 1994; E. Merian: Elements and their compounds in the environment, Wiley-VCH 2004; G Nordberg: Handbook on the toxicology of metals, Elsevier 2008; A. Wang: heavy metals in the environment, CRC press 2009. A. Sengupta: environmental separation of heavy metals – engineering processes, Lewis Publ. 2002



### 5.13. DE project: Visualization of Process Engineering Applications

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





**Arbeitsaufwand:**

3 SWS,

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

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Präsentation der App, Bericht/ - / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr.-Ing. Nicole Vorhauer-Huget, FVST

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



#### 5.14. Dispersed Phase Systems in Chemical Engineering

<b>Study Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Module:</b> Dispersed Phase Systems in Chemical Engineering
<b>Objectives:</b> The students acquire knowledge on the applications, processes and modelling principles of disperse systems. Various disperse systems are introduced and compared. Basic modelling techniques that are important to all disperse systems are taught, that is, mass and energy balances and the population balance and derived equations thereof (e.g. momentum equations). Three important classes of disperse systems in chemical engineering, i.e. crystallization systems, polymerization systems and emulsions, are discussed consecutively in detail. For all three systems the students learn the basic mechanisms as well as thermodynamic aspects. The students acquire knowledge on the kinetics of the most important mechanisms in crystallization, polymerization and emulsions. An overview of the most important measurement techniques for property distributions is given. In order to employ this knowledge to solve practical problems, industrially relevant example processes are analysed and modelled. This enables the students to analyse, quantify, model, optimize and design processes and products involving a dispersed phase.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction to dispersed phase systems: Fundamentals and characterisation</li><li>• Balance equations: Mass balance, energy balance, population balance</li><li>• Important dispersed phase systems in chemical engineering: Crystallization systems, polymerization systems, emulsions and dispersions</li><li>• Mechanisms affecting property distributions</li><li>• Thermodynamic aspects</li><li>• Kinetics</li><li>• Modelling</li><li>• Process examples</li><li>• Measurement techniques</li></ul>
<b>Teaching:</b> Full time lecture of 5 days with exercises
<b>Prerequisites:</b> Basic knowledge of chemical engineering, process systems engineering, thermodynamics, reaction engineering, mathematics
<b>Workload:</b> 18 hours of attendance (one-week full-time block seminar), 10 hours outside class presence: 28 hours (2 SWS), self study time: 78 hours
<b>Examination/Credits:</b> Written exam / 3 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Dr. C. Borchert (BASF SE)
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ramkrishna, <i>Population Balances</i>, Academy Press 2000;</li><li>• Lagaly, <i>Dispersionen und Emulsionen</i> Steinkopff Verlag 1997.</li><li>• Hofmann, <i>Kristallisation in der industriellen Praxis</i>, Wiley-VCH 2004.</li><li>• Odin, <i>Principles of Polymerization</i>, John Wiley &amp; Sons, 2004.</li><li>• Mullin, <i>Crystallization</i>, Elsevier, 2000. Takeo, <i>Disperse Systems</i>, Wiley-VCH, 2001.</li></ul>



### 5.15. Drying Technology

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Drying Technology
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Drying is a necessary production step for most solid materials. This lecture is focussed on convective drying and gives an introduction to vacuum freeze drying. After successfully attending the lecture, the students know by which mechanisms water is bound to the solid; they know how to measure solid moisture content and are able to use sorption isotherms for drying applications. Likewise, they know how to adequately describe and measure humidity and enthalpy of air, and they can apply the Mollier chart to technical processes in the context of drying. They can further present the drying kinetics of a solid by appropriate graphs and distinguish the different periods of drying. For given drying conditions, they can compute drying rates and drying times. The students are familiar with the major industrial dryer types, know about their advantages and drawbacks. For standard dryers, they can compute drying times or dryer dimensions as a function of solid moisture requirements and drying air conditions. On this basis, they can perform basic dryer design and process optimization. They are made sensitive to environmental impact of dryers, and they can assess dryer efficiency. The students are also familiar with vacuum freeze drying, they know the basic process steps and relevant control mechanisms. Additionally, the students are aware of current academic research on drying.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sorption isotherms – properties of wet solids, theory and measurement</li><li>• Mollier chart – properties of wet air, theory and measurement</li><li>• Heat and mass transfer in convective drying, drying kinetics and drying time calculation for (laboratory) drying tunnel</li><li>• Design and drying time calculation of compartment dryer (batch)</li><li>• Belt dryer in co-current and counter-current operation (continuous)</li><li>• Fluidized bed dryer (batch operation)</li><li>• Fixed bed drying and cross-flow belt drying</li><li>• Vacuum freeze drying, fundamentals and technical realizations</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Lecture, tutorial, lab visits, excursion to dryer-producing company
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Basic knowledge of heat and mass transfer
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> one problem must be solved/ oral / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Kharaghani, FVST <b>Lehrender:</b> Prof. E. Tsotsas



**Literaturhinweise:**

Krischer und Kast, Trocknungstechnik, Band 1, Springer;  
Gnielinski, Mersmann und Thurner, Verdampfung, Kristallisation, Trocknung, vieweg; Mujumdar, Handbook  
of industrial drying, Marcel Dekker.



## 5.16. 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



### 5.17. 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>



## 5.18. Erzeugung von Nanopartikeln

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Erzeugung von Nanopartikeln
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• kennen die besonderen Eigenschaften, Anwendungen und physikalischen Charakterisierungsmethoden von Nanopartikeln,</li><li>• verstehen und beherrschen die physikalischen und chemischen Grundlagen der Nanopartikelbildung und -stabilisierung,</li><li>• kennen die wichtigsten Prozesse zur Herstellung von Nanopartikeln, einschließlich der Herstellungsprozesse technischer Produkte,</li><li>• sind in der Lage, ausgewählte Nanopartikelsysteme im Laboratorium selbst herzustellen und deren Eigenschaften mit geeigneten physikalischen Charakterisierungsmethoden zu bestimmen.</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Einführung in die Nanotechnologie</b>, Definitionen Nanotechnologie und Nanopartikel, Nanopartikel als disperses System, Eigenschaften, Anwendungen, Charakterisierungsmethoden</li><li>• <b>Thermodynamik disperser Systeme</b>, Theorie der Keimbildung und des Partikelwachstums, homogene und heterogene Keimbildung, Modell von LaMer und Dinegar, Ostwald-Reifung, Agglomeration,</li><li>• <b>Elektrochemische Eigenschaften der Nanopartikel</b>, Oberflächenstrukturen, Elektrochemische Doppelschicht, Modelle (Helmholtz, Gouy-Chapman, Stern), elektrochemisches Potential, Zeta-Potential</li><li>• <b>Stabilisierung disperser Systeme</b>, Sterische, elektrostatische Stabilisierung, DLVO-Theorie, van-der-Waals-Anziehung, elektrostatische Abstoßung, kritische Koagulationskonzentration, Schulze-Hardy-Regel, pH-Wert, Elektrolytzusatz</li><li>• <b>Koagulationsprozesse</b>, Koagulationskinetik, schnelle und langsame Koagulation, Transportmodelle, Theorie von Smoluchowski, Wechselwirkungspotential, Stabilitätsfaktor, Redispergierungsprozesse, Strukturmodelle</li><li>• <b>Fällungsprozesse</b>, Grundlagen Fällungsgleichgewichte, Keimbildung, Wachstum, Reaktionsführung, Partikelbildungsmodelle, Apparate (CDJP, T-Mischer), Hydrothermalprozesse</li><li>• <b>Fällungsprozesse in kompartimentierten Systemen</b>, Bildung kompartimentierter Systeme, Tensid-Wasser-Systeme, Strukturbildung, Emulsionen (Mikro-, Mini- und Makroemulsionen), Phasenverhalten, Partikelbildung, kinetische Modelle</li><li>• <b>Sol-Gel-Prozesse</b>, Stöber-Prozess, Partikel aus Titan(IV)-oxid, chemische Reaktionen, Stabilisierung, Morphologie, pH-Wert, Elektrolytkonzentration, Strukturbildungsmodelle (RLCA, RLMC), Trocknung, Gelbildung und Alterung, Beschichtung, dünne Filme, Keramik</li><li>• <b>Aerosol-Prozesse</b>, Partikelbildung, Gas-Partikel- und Partikel-Partikel-Umwandlung, Morphologie, Flammenhydrolyse, Degussa-Prozess, Chlorprozess,</li><li>• <b>Bildung von Polymerpartikel (Latex-Partikel)</b>, Emulsionspolymerisation, Theorie von Fikentscher und Harkins, Suspensionspolymerisation, Latexpartikel</li><li>• <b>Nanopartikel und ihre Anwendung</b>, Technische Produkte, Silica, Titan(IV)-oxid, Ruß, Nanopartikel in Medizin und Pharmazie, funktionalisierte Nanopartikel, Diagnostik, Trägersysteme, magnetische Nanopartikel und Flüssigkeiten,</li><li>• <b>Charakterisierung der Nanopartikel - Partikelgrößenbestimmung</b>, Elektromikroskopische Methoden, TEM, REM, Lichtstreuung, Laserbeugung, Theorien (Rayleigh, Fraunhofer, Mie), Ultraschall- und ESA-Technik, Instrumente,</li><li>• <b>Charakterisierung der Nanopartikel - Zeta-Potentialbestimmung</b>, elektrokinetische Phänomene, Elektrophorese, Elektrosmose, Strömungs- und Sedimentationspotential, elektrophoretische Mobilität, Zeta-Potential, Theorien von Smoluchowski, Hückel, Henry, Instrumente, PALS-Technik</li></ul>



**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung, praktische Übung (Nanopartikelsynthese)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

**Arbeitsaufwand:**

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

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. W. Hintz, FVST

**Literaturhinweise:**

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





## 5.19. Fundamentals of Multiphase Flows

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Verfahrenstechnik
<b>Module Name:</b> Fundamentals of Multiphase Flows
<b>Objectives (competences):</b> Students will: <ul style="list-style-type: none"><li>• Understand the mathematical description of the properties and behavior of a single and of multiple particles, bubbles and droplets in a flow.</li><li>• Comprehend the phenomenology and the underlying physics of flow problems involving a simultaneous presence of multiple phases in a flow domain.</li><li>• Understand the governing equations and underlying assumptions for a wide range of different multiphase flow phenomena studied throughout the course.</li><li>• Understand the interaction of turbulence and multiphase phases present in a flow.</li><li>• Analyze a number of applications involving multiphase flows.</li></ul>
<b>Contents:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Introduction, characterization of multiphase flows, quantities, statistical moments, distribution characteristics, dimensionless parameters and averaging and averages in multiphase flows.</li><li>2. Equations of motion governing multiphase flows, averaging techniques on governing equations, kinetic theory of granular flows, and equations for describing dispersed particles, droplets and bubbles.</li><li>3. Forces on particles in flows, particle-particle interactions, and granular flows.</li><li>4. The governing equations of droplets, bubbles and interfaces in flows, surface tension, wetting, evaporation and mass transfer.</li><li>5. Turbulence in multiphase flows, governing equations, effect of turbulence on dispersed particles and effect of dispersed particles on turbulence.</li><li>6. Mass and heat transfer in multiphase flows.</li><li>7. Applications with multiphase flows.</li></ol>
<b>Teaching:</b> Lectures and tutorials
<b>Course prerequisites:</b> Fluid Mechanics / Strömungsmechanik Heat and Mass Transfer / Wärme- und Stoffübertragung Mechanical Process Engineering / Mechanische Verfahrenstechnik
<b>Workload:</b> Lectures and tutorials: 56 h, private studies: 94 h
<b>Examination/Credits:</b> Written examination (120 minutes) / proof of achievements / 5 CP
<b>Responsible lecturers:</b> Prof. Dr. B. van Wachem, Jun.-Prof. Dr. F. Denner, Dr. F. Evrard, Dr. F. Sewerin
<b>Script/Literature:</b> Manuscript with text, figures, tutorials and exercises (available from Moodle E-Learning).



## 5.20. Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Funktionale Materialien für die Energiespeicherung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können die Einflussfaktoren und wichtigsten Techniken der heutigen Energieversorgung für Deutschland sowie weltweit benennen und analysieren. Sie können die Notwendigkeit für die Entwicklung und den verstärkten Einsatz von Energiespeichern begründen. Die Studierenden sind in der Lage, die unterschiedlichen Prinzipien zur Speicherung thermischer, elektrischer, chemischer und mechanischer Energie zu beschreiben und die möglichen Verfahren bezüglich der materialspezifischen Anforderungen zu werten. Besonderes Augenmerk wird dabei auch auf aktuelle Entwicklungen in der Forschung gelegt.
<b>Inhalt</b> <b>1. Thermische Energie</b> Temperaturbereiche der Energiespeicherung und Temperaturhub zw. Wärmequelle und -bedarf sensible, latente, Adsorptions- und Absorptionswärme; Grundlagen Unterschied Kurzzeit-, Langzeit- u. Saisonalspeicher Materialien: feste Systeme, flüssige Systeme Spezifische Anwendungen <b>2. Elektrische Energie</b> Akkumulatoren und Batterien: Übersicht, Arten, Einsatzgebiete gravimetrische und volumetrische Speicherdichte Standardpotentiale, Abhängigkeit von Temperatur des Systems und Konzentration der Reaktanden Nernst-Gleichung für die einzelnen Systeme Lade-/Entladekinetik; thermische Belastung; Auslegung Bilder existierender Anlagen Supercaps: Funktionsweise <b>3. Chemische Energie</b> Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung Adam- und Eva-Prozess <b>4. Druckluft</b> Speicherorte und Potentiale Funktionsweise <b>5. Schwungräder</b> Langsame, schnelle, Potentiale, Wirkprinzip <b>6. Sonstiges</b> z.B. Pumpspeicherwerke
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, (2 VL, 1 Ü) Präsenzzeit: 42 h, Selbststudium 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Energy Storage, R. A. Huggins (Springer Verlag), Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Volker Quaschnig (Carl Hanser Verlag), Foliensatz zum Download



## 5.21. 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, adiab, 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 / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Ch. Hamel, FVST

**Literaturhinweise:**

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



## 5.22. 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



### 5.23. Machine Learning in Chemical Engineering

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Machine Learning in Chemical Engineering
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Key ability is to familiarize students with the emerging topic of machine learning in chemical engineering. Students are encouraged to use Python and Jupyter Notebooks as a self-study tool. The students are enabled to analyze data sets with respect to missing values, duplicates or outliers and edit them accordingly in preparation for applying suitable machine learning algorithms. Consecutively, the students are familiarized with typical problem types such as regression, classification and clustering of data and are enabled to apply different models/estimators such as regression, partial least squares, artificial neural networks, ... With these methods in mind, different examples from chemical engineering are used as an illustration of the methods such as fault detection, process optimization and hybrid modeling where a combination of mechanistic and data driven models are used. In summary, the students are enabled to assess the use of either a mechanistic or data driven model or a combination of both.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Analyze and edit data sets relevant in chemical engineering</li><li>• Typical problem types: regression, classification and clustering</li><li>• Different machine learning estimators/models such as regression, partial least squares, artificial neural networks, ...</li><li>• Application to typical examples from chemical engineering such as fault detection, process optimization and hybrid modeling</li><li>• Interactive use of Python for both illustrative purposes and self-learning</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 3 SWS, Lectures, tutorials and Python tutorials
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Bachelor in chemical engineering or related fields. Recommended are the following modules: Simulationstechnik, Prozessdynamik I, Analysis and Design of Experiments
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Written exam / 90 min / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. Bremer, MPI Magdeburg



## 5.24. Mechanische Trennprozesse

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



**Literaturhinweise:**

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

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





## 5.25. Micro Process Engineering

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Module:</b> Micro Process Engineering ( <b>Aussetzung bis auf Weiteres</b> )
<b>Objectives:</b> The lectures provides for the students insight view in theoretical and practical basics and applications of modern methods and processes in micro process technology. The students acquire especially knowledge about practical use options, plant concepts and plant designs. The students apply the knowledge on corresponding examples and are able to connect concepts and system in an optimal way. By referring to relevant industrial examples the students are skilled, to understand, to control, to optimize and to design technical processes using micro structure apparatuses and elements.
<b>Contents:</b> Production of micro structured components Important micro devices: mixers, heat exchanger, reactors Separation in micro systems Liquid phase reactions in micro reactors Preparation of heterogeneous catalysts into micro channels Gas phase reactions in micro systems Process application at micro and macro scales: Comparison, safety aspects
<b>Teaching:</b> full-time lecture of 4 days with practical lab part, (winter semester)
<b>Prerequisites:</b> Thermodynamics, Process Systems Engineering, Reaction Technology
<b>Workload:</b> 2 SWS, Lecture time: 28 hours, Self study time: 78 hours
<b>Examination/Credits:</b> Oral exam (M45) / 3 CP
<b>Responsible lecture:</b> N.N.
<b>Literature:</b> W. Ehrfeld, V. Hessel, H. Löwe: Microreactors, Wiley-VCH, Weinheim, 2000, V. Hessel, S. Hardt, H. Löwe: Chemical Micro Process Engineering: Fundamentals, Modeling and Reactions, Wiley-VCH, Weinheim, 2004, V. Hessel, S. Hardt, H. Löwe: Chemical Micro Process Engineering: Processing, Applications and Plants, Wiley-VCH, Weinheim, 2004, W. Menz, J. Mohr, O. Paul: Microsystem Technology, Wiley-VCH, Weinheim, 2001



## 5.26. Mikrobielle Biochemie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Mikrobielle Biochemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten vertiefen ihre Kenntnisse in den Bereichen Biochemie und Mikrobiologie. Die Studenten sind in der Lage, den Metabolismus biogener und anthropogener Verbindungen und die Mechanismen der Adaptation von Mikroorganismen an veränderte Umweltbedingungen zu analysieren. Die Studenten begreifen die metabolische Vielfalt und die hohe Adaptationsfähigkeit von Mikroorganismen als Chance für die Anwendung in biotechnologischen Prozessen. Gleichzeitig vertiefen Sie in einem Praktikum ihre praktischen Fähigkeiten in der Kultivierung und biochemischen Charakterisierung von Mikroorganismen.
<b>Inhalt</b> Vorlesung <ul style="list-style-type: none"><li>• Stoffwechselfielfalt (Photosynthese, Chemolithotrophie, Nutzung alternativer Elektronenakzeptoren)</li><li>• Adaptation von Mikroorganismen an ihre Umwelt (Hitzeschock, oxidativer Stress, Säureschock, Stationäre Phase)</li><li>• Mikroorganismen in biogeochemischen Prozessen (Erzlaugung,</li><li>• Abbau von anthropogener Verbindungen (chlorierte und nicht chlorierte Aliphaten und Aromaten, aerober und anaerober Abbau)</li><li>• Produktsynthese</li></ul> Praktikum <ul style="list-style-type: none"><li>• Kultivierung von Mikroorganismen (Adaptation, Schadstoffabbau, Produktsynthese)</li><li>• Kontinuierliche Kultivierung von Mikroorganismen im Bioreaktor</li><li>• Messung von Substrat- und Produktkonzentration</li><li>• Enzymmessungen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Alle Module des Bachelorstudienganges.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Vorlesung: 3 SWS (28 h), Praktikum: 1 SWS (14 h) Präsenzzeit: 42 h, Selbstständiges Arbeiten: 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. D. Benndorf, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• M. T. Madigan, J. M. Martinko: Brock Mikrobiologie. Pearson Studium (2008). ISBN: 978-3827373588</li><li>• M. Schlömann., W. Reineke: Umweltmikrobiologie. Spektrum Akademischer Verlag (2006). ISBN: 978-3827413468</li></ul>



## 5.27. Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Vermittlung der Grundlagen der Strömungsphysik und deren Besonderheiten auf kleinen räumlichen Skalen. Ausgehend von den Grundlagen werden Methoden in der Mikrofluidik für spezifische Anwendungen aufgezeigt. Auf theoretischer Seite werden Sie nicht nur analytische Lösungen der Strömungen erarbeiten, sondern auch numerische Verfahren kennenlernen und benutzen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlegende Konzepte der Mikrofluidik</li><li>• Erhaltungsgleichungen (Masse, Impuls, Energie)</li><li>• Einfache Strömungen<ul style="list-style-type: none"><li>○ Hydrostatik</li><li>○ Couette &amp; Poiseuille Strömungen</li><li>○ Stokes Drag</li></ul></li><li>• Netzwerkbeschreibung durch hydraulischen Widerstand und Elastizität</li><li>• Diffusion</li><li>• Verschiedene zeitabhängige Strömungen</li><li>• Kapillarität</li><li>• Elektrohydrodynamik<ul style="list-style-type: none"><li>○ Elektroosmose</li><li>○ Dielektrophorese</li></ul></li><li>• Spezielle Strömungen in der Mikrofluidik wie z.B. Hele-Shaw, Mehrphasenströmungen, Erzeugung von Gasblasen und Tröpfchen und die Akustofluidik</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium (SoSe)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundvorlesung Strömungsmechanik.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h Präsenzzeit: 42 Stunden, (Selbststudium: 28 Stunden, Vorlesung: 28 Stunden, Übungen: 14 Stunden), Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen / 4 CP 2 Stunden schriftliche Prüfung (60% der Endnote) 2 Hausaufgaben einzureichen während des Semesters (40% der Endnote)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. C. D. Ohl, FNW
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Theoretical Microfluidics, Hendrik Bruus (ISBN 978-0199235094)</li><li>• Introduction to Microfluidics, Patrick Tabeling (ISBN 978-0199588169)</li><li>• Micro- and Nanoscale Fluid Mechanics: Transport in Microfluidic Devices, Brian J. Kirby (ISBN 978-1107617209)</li><li>• Fluid Mechanics, Pijush K. Kundu, Ira M. Cohen, David R Dowling (ISBN 978-0124059351)</li></ul>



## 5.28. Modellierung von Bioprozessen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Modellierung von Bioprozessen
<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) Bioprozesse 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.



### 5.29. Moderne Analysemethoden / Instrumentelle Analyse

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Moderne Analysemethoden / Instrumentelle Analyse
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Studierenden entwickeln Fertigkeiten im Umgang mit hochwertigen Messgeräten.</li><li>• Sie erwerben die Fähigkeit, aus einer Vielzahl nutzbarer Analysemethoden und Charakterisierungstechniken eine optimale Auswahl zur Problemlösung treffen zu können.</li><li>• Das analytische, logische und fachgebietsübergreifende Denken wird geschult.</li><li>• Sie erwerben die Kompetenz, Kenntnisse über die Stoffe und ihre Eigenschaften mit den Möglichkeiten der Messtechnik zu verknüpfen.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> Die Vorlesung liefert die zum Verständnis der einzelnen Methoden notwendigen Grundlagen und das für die Anwendung in der Produktcharakterisierung/Analytik Wesentliche in komprimierter Form. Die apparative Umsetzung und die Übungen zur Interpretation der Untersuchungsergebnisse bilden die zweite Säule des aus Vorlesung und Übung bestehenden Moduls. <ul style="list-style-type: none"><li>• Organische Elementaranalyse</li><li>• Massenspektrometrie</li><li>• Infrarotspektroskopie</li><li>• Kernmagnetische Resonanzspektroskopie</li><li>• Röntgenpulverdiffraktometrie</li><li>• REM</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> unbenoteter LN für die Übung / K 90 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. S. Busse, FVST <b>Lehrende:</b> Dr. L. Hilfert, Dr. A. Lieb
<b>Literaturhinweise:</b> Scripte zu den einzelnen Methoden



### 5.30. 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.



### 5.31. Numerik für Ingenieure

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Numerik
<b>Ziele und Kompetenzen:</b> Erwerb mathematischer Fähigkeiten und Grundkenntnisse zum Einsatz numerischer Verfahren in technischen Anwendungen. Die Studenten können einfache numerische Verfahren aus den behandelten Gebieten programmieren und anwenden. Die Studierenden erkennen die grundlegenden Fehler und Probleme bei der Anwendung numerischer Verfahren.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Probleme der Gleitkommarechnung</li><li>• Lösung linearer und nichtlinearer Gleichungssysteme (direkte und iterative Verfahren)</li><li>• Ausgleichsrechnung (überbestimmte lineare Systeme)</li><li>• Polynomiale Interpolation, Spline-Interpolation</li><li>• Numerische Intergration (interpolatorische Quadratur, Extrapolation)</li><li>• Anfangswertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungen (Einschnittverfahren, Stabilität, Steifheit, Schrittweitensteuerung)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung 2V, Übung 2Ü
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I-III
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS, Vorlesung und Übung: 56 Std., Selbststudium: 64 Std.
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b>
<b>weitere Lehrende:</b> Prof. F. Schieweck, apl. Prof. M. Kunik





### 5.32. Numerische Strömungsmechanik

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



**Literaturhinweise:**

Ferziger and Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer



### 5.33. Numerische Werkzeuge für technisch-chemische Problemstellungen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Numerische Werkzeuge für technisch-chemische Problemstellungen (ab Soso 2022)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• sind in der Lage methodisch grundlagenorientierte Lösungskompetenzen für Problemstellungen in der Chemie/chemischen Verfahrenstechnik einzusetzen</li><li>• haben ein Verständnis bezüglich der Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen von Modellierungswerkzeugen im Bereich der molekularen und strukturellen Produktgestaltung</li><li>• können das kommerzielle Modellierungswerkzeug MATLAB® sicher bei der Planung und Auslegung verfahrenstechnischer Apparate eingesetzt</li><li>• sind befähigt die an Fallbeispielen erworbenen Fähigkeiten auf eine Vielzahl ähnlicher technisch-chemischer Problemstellungen anzuwenden und Lösungen zu erarbeiten</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <b>1. Mathematische Grundlagen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modellbildung und resultierende Gleichungsstruktur</li><li>• Numerische Werkzeuge für algebraische Gleichungssysteme bzw. Differentialgleichungssysteme</li><li>• Einführung in die statistische Analyse von Messdaten</li></ul> <b>2. Einführung in MATLAB</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundoperationen &amp; Programmierung in MATLAB bzw. gPROMS</li><li>• Numerische Lösung von algebraischen &amp; Differentialgleichungssystemen</li><li>• Numerische Optimierung</li><li>• Datenvisualisierung, Schnittstellen zu anderen Tools</li></ul> <b>3. Praktische Anwendung anhand ausgewählter Beispiele</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Stöchiometrie</li><li>• Thermodynamische Gleichgewichte</li><li>• Reaktionskinetik</li><li>• Rührkesselreaktoren: Batch-Reaktor, Semibatch-Reaktor, CSTR</li><li>• Festbettreaktoren mit axialer Dispersion, instationär mit axialer Dispersion, mit axialer und radialer Dispersion, Probleme und Lösungen</li><li>• Membranreaktoren und adsorptive Reaktoren</li><li>• Parameterschätzung, Versuchsplanung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Chemie, Reaktionstechnik I, mathematische Kenntnisse



**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

mündlich / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Ch. Hamel, FVST

**Literaturhinweise:**

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



### 5.34. OMICS-Technologien

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> OMICS-Technologien
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten erwerben theoretische und praktische Fähigkeiten in der Analytik komplexer biologischer Systeme mittels Genomik, Proteomik, Metabolomik, Lipidomik und Glykomik. Sie werden in einem Praktikum befähigt, selbstständig Experimente zur qualitativen und quantitativen Analyse von Proteingemische zu planen und durchzuführen. Die Studenten können die erzeugten Datensätze mit bioinformatischen und biostatistischen Methoden auswerten.
<b>Inhalt</b>  Vorlesung 01. Vorlesung: Überblick über Omiks Methoden und deren Anwendung 02. Vorlesung: Genomiks & Transkriptomiks 03. Vorlesung: Proteomiks „Proteine, Proteinaktivität, Extraktionen“ 04. Vorlesung: Proteomiks „Massenspektrometrie Teil 1“ 05. Vorlesung: Proteomiks „Massenspektrometrie Teil 2“ 06. Vorlesung: Proteomiks „Strukturproteomiks“ 07. Vorlesung: Metabolomiks 08. Vorlesung: Glykomiks 09. Vorlesung: Glykoproteomiks 10. Vorlesung: Weitere Omiks Methods (Cytomics, Lipidomics) 11. Vorlesung: Bioinformatische Datenauswertung 12. Vorlesung: Datenintegration 13. Vorlesung: Biostatistik und Datenvisualisierung 14. Vorlesung: Anwendungsbeispiel „Beschreibung von mikrobiellen Gemeinschaften in Umwelt, Technik und Gesundheit“  Übung 01. Übung: Proteinidentifikation durch Proteindatenbankensuche und <i>De novo</i> Sequenzierung 02. Übung: Interpretation von MS Daten (KEGG) 03. Übung: Interpretation von Glykomiksdaten/Strukturaufklärung 04. Übung: Grundlagen Datenvisualisierung und Datenorganisation mit R 05. Übung: Gruppenweisevergleich von Proben mit R 06. Übung: Multivariate Statistik mit R 07. Übung: Einstieg in Lernalgorithmen mit R  Praktikum 01. Tag: Probenvorbereitung für Proteomiks und SDS-PAGE 02. Tag: Tryptischer Verdau und massenspektrometrische Analyse
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) Praktikum (1 SWS); (WS) / Deutsch Format der Übungen: laborexperimentelle Übungen und Computer-gestützte Datenauswertung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Vorlesung: 2 SWS (28 h), Übung: 1 SWS (14 h), Praktikum: 1 SWS (14 h), Selbststudium: 94 h



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Klausur (90 min, 66% der Note) + benoteter Leistungsnachweis (33% der Note), 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. D. Benndorf, FVST

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

**Literaturhinweise:**

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



### 5.35. 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





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

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Module:</b> Plant and apparatus engineering in solid-state process engineering: design, implementation and problem-solving
<b>Objectives:</b> The students understand the basic procedure in the design, implementation and problem solving of apparatus and plant engineering concepts in solid-state process engineering. Based on examples from industrial practice, the students should be taught the ability to abstract the process to such an extent that an estimate of the size of the plant, the achievable throughputs and the necessary energy inputs is possible with simple means. It will be shown how these simple estimates can initially be used as the basis for a system design and later be superseded by more complex models. For the more complex process modeling, temporal and spatially distributed models or also population dynamic models are used depending on the complexity of application. The application examples used in the lecture are essentially drying and granulation processes in which solids are treated by means of convection and contact dryers.
<b>Contents:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Basics apparatus and plant engineering</li><li>2. Basics of process design</li><li>3. Drying and granulation processes in solid process technology</li><li>4. Design of convection dryers (mass and energy balances)</li><li>5. Design of contact dryers (mass and energy balances)</li><li>6. Heat and mass transfer in convection and contact dryers</li><li>7. Application examples and case studies from industrial practice</li></ol>
<b>Teaching:</b> lectures and tutorials; (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 / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Hon.-Prof. M. Peglow, FVST
<b>Literature:</b> lecture notes Selected scientific publications in the field



### 5.37. 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



### 5.38. 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.



### 5.39. 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 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> 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



## 5.40. Prozessoptimierung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Prozessoptimierung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die Grundzüge der numerischen Optimierung, insbesondere mit Blick auf die Anwendung auf technische Systeme. Sie sind in der Lage, aus technischen oder wirtschaftlichen Fragestellungen adäquate Optimierungsprobleme zu formulieren und zu klassifizieren. Die Studierenden haben einen breiten Überblick über verfügbare computergestützte Lösungsverfahren für stationäre Optimierungsprobleme unterschiedlicher Art. Dadurch sind sie in der Lage, angemessene Algorithmen für vorliegende Optimierungsprobleme auszuwählen. Dabei können Sie aufgrund ihrer detaillierten Kenntnisse die Vor- und Nachteile verfügbarer Verfahren gegen einander abwägen. Die in den praktischen Übungen erworbenen Fertigkeiten befähigen die Studierenden, Optimierungsprobleme in Simulationsumgebungen zu implementieren und zu lösen. Die Kenntnisse der Lösungsverfahren erlauben es den Studierenden, die Ergebnisse des Lösungsverfahrens angemessen zu beurteilen; dies gilt sowohl für den Fall des Scheiterns des Verfahrens als auch für die Beurteilung einer gefundenen Näherungslösung.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Struktur und Formulierung von Optimierungsproblemen (Zielfunktion, Nebenbedingungen, Freiheitsgrade)</li><li>2. Optimierungsprobleme ohne Nebenbedingungen<ol style="list-style-type: none"><li>2.1 Optimalitätsbedingungen (notwendige und hinreichende Bedingungen)</li><li>2.2 Eindimensionale Optimierungsmethoden (äquidistante Suche, Interpolationsverfahren, goldener Schnitt)</li><li>2.3 Mehrdimensionale Optimierungsmethoden; Liniensuchrichtungen (sequentielle Variation der Variablen, steilster Abstieg, konjugierte Gradienten), Nelder-Mead-Verfahren, Newton-Methoden (Newton-Raphson, Quasi-Newton-Methoden, Gauss-Newton für quadratische Probleme)</li><li>2.4 Liniensuchmethoden (Wolfe-Bedingungen, „trust region“-Methode, „dogleg“-Methode, Marquardtverfahren)</li></ol></li><li>3. Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen<ol style="list-style-type: none"><li>3.1 Optimalitätsbedingungen (Karush-Kuhn-Tucker-Bedingungen), Eindeutigkeit der Lösung</li><li>3.2 Nichtlineare Programmierung (reduzierter Gradient, sequentielle quadratische Programmierung, „active set“-Strategie)</li><li>3.3 Straffunktionen, Barrierefunktionen</li><li>3.4 Lineare Programmierung (Simplexmethode nach Dantzig)</li></ol></li><li>4. Globale Optimierung<ol style="list-style-type: none"><li>4.1 Genetische Algorithmen</li><li>4.2 Evolutionäre Algorithmen</li></ol></li><li>5. Optimalsteuerung<ol style="list-style-type: none"><li>5.1 Optimalitätsbedingungen (Euler-Lagrange-Gleichungen) für unbeschränkte und beschränkte Probleme</li><li>5.2 Hamiltonfunktion</li></ol></li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung



<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 h, Selbststudium: 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K120 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. J. Bremer, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> M. Papageorgiou, <i>Optimierung</i> , Oldenbourg Verlag, München, 1996 J. Nocedal, S. Wright, <i>Numerical Optimization</i> , Springer-Verlag, New York, 2008 T.F. Edgar, D.M. Himmelblau, <i>Optimization of Chemical Processes</i> , McGraw-Hill, 1988

**5.41. 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);





#### 5.42. Prozess- und Anlagensicherheit

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Prozess- und Anlagensicherheit
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden kennen die grundlegenden Gefährdungen aus verfahrenstechnischen Prozessen: Stoff-Freisetzung, Brand, Explosion. Sie erlernen die Methoden der sicherheitstechnischen Stoffbewertung und ermitteln die sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stoffen und Stoffgemischen. Sie beherrschen mathematische Modelle zur Vorhersage der Wirkungen von Stoff-Freisetzungen, Bränden und Explosionen in der Umgebung verfahrenstechnischer Anlagen. Sie lernen den Risikobegriff kennen und verstehen die Elemente der wissenschaftlichen Risikoanalyse anhand von Ereignis- und Fehlerbäumen. Sie erwerben Grundlagenwissen zu den Methoden der qualitativen und quantitativen Gefährdungsbewertung. Sie kennen die wichtigsten rechtlichen Pflichten zum Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Gefährdungen aus verfahrenstechnischen Prozessen: Stoff-Freisetzung, Brand, Explosion</li><li>• Fallstudien zu unerwünschten Ereignissen (Seveso, Bhopal, Mexico-City, Flixborough u.a.)</li><li>• Methoden der sicherheitstechnischen Bewertung von Stoffen, Stoffgemischen und Reaktionen dieser (Dynamische Differenzkalorimetrie, Thermogravimetrische Analyse, Sedex-Verfahren, Dewar-Test)</li><li>• Sicherheitstechnische Kenngrößen für das Brand- und Explosionsverhalten und deren Bestimmungsverfahren (Mindestzündtemperatur, Mindestzündenergie, Explosionsgrenzen, maximaler Explosionsdruck, maximaler zeitlicher Druckanstieg, Sauerstoffgrenzkonzentration)</li><li>• Mathematische Modelle für die Berechnung der Stoffausbreitung von Leicht- und Schwergasen</li><li>• Mathematische Modelle für die Berechnung von Explosionswirkungen (Multi-Energie-Methode)</li><li>• Qualitative Methoden zur Gefährdungsbewertung (Layer of Protection Analysis, Hazard and Operability Studies)</li><li>• Einführung in die Quantitative Risikoanalyse, Ereignis- und Fehlerbaummodelle, Erstellung ortsabhängiger Risikographen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung und Experimenten
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> schriftlich / K 90 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. U. Krause, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Skript zum download, Steinbach: Grundlagen der Sicherheitstechnik, Mannam S: Lee's Loss Prevention in the Process Industries, Hauptmanns: Prozess- und Anlagensicherheit



### 5.43. 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, molekularinetische 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



#### 5.44. Strukturelle und funktionale Analyse von zellulären Netzwerken

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Strukturelle und funktionale Analyse von zellulären Netzwerken
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten beherrschen verschiedene theoretische Ansätze und Methoden zur strukturellen und qualitativen Modellierung und Analyse zellulärer Netzwerke. Die Studenten haben ein allgemeines Verständnis für den strukturellen Aufbau und die Arbeitsweise unterschiedlicher Klassen von biochemischen Netzwerken (z.B. Stoffwechsel und Signaltransduktion) und können mit verschiedenen Methoden für die rechnergestützte Analyse dieser Netzwerke umgehen. Die Verfahren kommen hauptsächlich aus dem Bereich der diskreten Mathematik (z.B. Graphen- und Hypergraphentheorie, Boolesche Netzwerke) und der linearen Algebra. Die Studenten wenden die theoretischen Methoden in Übungen mithilfe eines Softwarepakets und am Beispiel von konkreten biologischen Beispielen an. Die Teilnehmer sind in der Lage, interdisziplinär (systembiologisch) zu denken und haben ein gefestigtes Verständnis für netzwerkweite Prozesse in der Zelle. Außerdem können sie mit grundlegenden Methoden zur Bestimmung strategischer Eingriffe und zur Rekonstruktion zellulärer Netzwerke umgehen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung: zelluläre Netzwerke, Stoffflüsse und Signalflüsse, Datenbanken</li><li>• Graphentheorie: Grundbegriffe, statistische Netzwerkanalyse, Netzwerk motive</li><li>• Metabolische Netzwerkanalyse: Erhaltungsrelationen, Stoffflussverteilungen, Flusskegel, Elementarmoden, Minimal Cut Sets</li><li>• Modellierung von regulatorischen und Signaltransduktionsnetzen mittels Interaktionsgraphen und logischen Netzwerken: Feedback loops, cut sets, Abhängigkeitsmatrix, qualitatives Ein/Ausgangsverhalten, Minimale Interventionsmengen</li><li>• Zusammenhänge zwischen Netzstruktur und qualitativer Dynamik:</li><li>• Einführung in Methoden der Netzwerkrekonstruktion</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundverständnis für Molekularbiologie und Modellierung biologischer Systeme. Grundlagen in linearer Algebra
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS 42 h Präsenzzeit und 78 h selbständiges Arbeiten
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Teilnahme an Übungen / Schriftliche Prüfung (Klausur) / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. St. Klamt, MPI Magdeburg



**Literaturhinweise:**

Z. Szallasi, V. Periwal and J. Stelling (eds): *System Modeling in Cellular Biology: From Concepts to Nuts and Bolts*, MIT Press, Cambridge, MA, 125-148, 2006.

R. Thomas and R. D'Ari: *Biological Feedback*. CRC Press, Boca Raton, 1990.

B. Palsson: *Systems Biology - Properties of Reconstructed Networks*. Cambridge University Press: 2006.

E. Klipp et al.: *Systems Biology: A Textbook*. Wiley-VCH: 2009.

B. H. Junker and F. Schreiber: *Analysis of Biological Networks*. Wiley-Interscience: 2008.



#### 5.45. 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
  - Lösungsgleichgewichte
4. Kristallisationskinetik: Untersuchung und Beschreibung
  - Kristallisationsmechanismen und metastabiler Bereich
  - Einfluss von Fremdstoffen
  - Populationsbilanzen
5. Polymorphie: Grundlagen, Bedeutung und Untersuchung
6. Kristallisationsverfahren: Von der Löslichkeit zur Fahrweise
  - Zielgrößen & Prozesskette
  - Batch- und kontinuierliche Kristallisation
  - Beeinflussung der Korngröße
7. Apparate und Anlagen
  - Grundbauarten industrieller Kristallisatoren
  - Vom 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



#### 5.46. Technology and Innovation Management in the Biotech Industry

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





**Examinations/Credits:**

Participation in case studies / 3 CP

**Responsible module:**

Prof. U. Reichl, FVST

**Responsible lectures:**

Dr. M. Pohlscheidt, Genentech Inc.

**Literature:**

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

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

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



## 5.47. 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



## 5.48. Umweltchemie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Umweltchemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden kennen die grundsätzlichen Zusammenhänge der chemischen Abläufe in den Umweltkompartimenten Luft, Wasser und Boden. Sie können Gefährdungen durch den Eintrag von Stoffen in diese Kompartimente abschätzen und Strategien entwickeln, diese zu reduzieren. Die Studierenden sind darüber hinaus in der Lage, analytische Methoden zur Bestimmung der charakteristischen Parameter von Luft, Wasser und Boden zu beschreiben.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Einleitung:</b> Umwelt und Umweltfaktoren, Kompartimente und Ökosystem, Mensch und Umwelt, Historie der anthropogenen Umweltbeeinflussung, Umweltbewusstsein und zukünftige Entwicklung</li><li><b>2. Aufbau der Erde:</b> Sphären der Erde, Erdschichten, Erdoberfläche, Atmosphäre, globale Stoffkreisläufe, Kompartimente mit Transport- und Speicherfunktion, Quellen und Senken</li><li><b>3. Stoffe in der Umwelt:</b> Umweltbelastungen, Transport von Stoffen zwischen den Umweltkompartimenten, anthropogener Eintrag von Stoffen in die Umwelt, geographische Verbreitung von Umweltbelastungen, Gefahrstoffe, Umweltchemikalien, Mobilität von Stoffen in der Umwelt, Persistenz, Abbaubarkeit, geologische und biologische Anreicherung, Schadwirkungen</li><li><b>4. Umweltschutz:</b> Produkt- und produktionsbezogener Umweltschutz, produktionsintegrierter und additiver Umweltschutz, Maßnahmen in Gewerbe und Industrie, Erhöhung der Energieeffizienz,</li><li><b>5. Umweltrecht:</b> Ziele der Umweltgesetzgebung, Umweltschutz und Grundgesetz, Gesetze, Rechtsverordnungen, Verwaltungsvorschriften, Normen und technische Regeln, bestimmte und unbestimmte Rechtsbegriffe, Grenzwerte und Richtwerte, EU-Richtlinien und -verordnungen, Struktur und Prinzipien des Umweltrechts, Instrumente des Umweltrechts, Gesetze des Umweltrechts</li><li><b>6. Chemikaliengesetz, Gefahrstoffverordnung und Gefahrstoffgesetz:</b> Chemikaliengesetz, Gefahrstoffverordnung, REACH-Verordnung, CLP-Verordnung, Arbeitsplatzgrenzwert, Gefährdungszahl, biologischer Grenzwert, Gefahrstoff, Gefahrstoffbeförderungsgesetz</li><li><b>7. Die Lufthülle der Erde:</b> Bedeutung und Zusammensetzung der Atmosphäre, Luftqualität, natürliche Emissionen, anthropogene Emissionen, ubiquitäre Stoffe, Durchmischungszeit in der Atmosphäre, Lebensdauer von Stoffen in der Atmosphäre, Transport von Luftverunreinigungen, Deposition von Luftverunreinigungen, Schäden durch Luftverunreinigungen, Grundlagen der Photochemie, OH-Radikale in der Troposphäre</li><li><b>8. Kohlendioxid:</b> Eigenschaften, Wirkung auf den Menschen, Photosynthese, Quellen und Senken, fossile Brennstoffe, Primärenergieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Kohlenstoffkreislauf, Änderungen des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Atmosphäre, Spurengase und Klima, Treibhauseffekt, Klimaänderungen</li><li><b>9. Kohlenmonoxid:</b> Eigenschaften, Quellen und Senken, CO-Emissionen, Wirkungen beim Menschen</li><li><b>10. Schwefelverbindungen:</b> Eigenschaften und Verwendung, Quellen und Senken, Schwefelverbindungen in der Atmosphäre, atmosphärischer Schwefelkreislauf, SO<sub>2</sub>-Emissionen, London-Smog, Wirkung auf Lebewesen und Sachgüter, saurer Regen, neuartige Waldschäden</li><li><b>11. Oxide des Stickstoffs:</b> Eigenschaften, Stickstoffkreislauf, Quellen und Senken von N<sub>2</sub>O, photochemisches NO/NO<sub>2</sub>-Gleichgewicht, Quellen für NO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>-Emissionen, Einfluss von NO<sub>x</sub> auf Lebewesen</li><li><b>12. Flüchtige organische Verbindungen:</b> Quellen und Senken von Methan, Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe, Photooxidantien, Ozon in der Troposphäre, Quellen und Senken von Ozon, Los-Angeles-Smog, Abbau von Kohlenwasserstoffen in der Atmosphäre, Wirkungen und Schäden durch photochemischen Smog, Automobilabgase, Abgasreinigung</li><li><b>13. Ozon in der Stratosphäre:</b> Vorkommen und Eigenschaften, Der Chapman-Zyklus, katalytischer Ozonabbau, katalytischer ClO<sub>x</sub>-, HO<sub>x</sub>- und NO<sub>x</sub>-Zyklus, Ozonloch, Schädigungen durch UV-Strahlung, FCKW, CKW, Halone, Ozonzerstörungspotential, FCKW-Ersatzstoffe</li></ol>



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

**Lehrformen:**

Vorlesung

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundlegende Kenntnisse in Anorganischer und Organischer Chemie

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS.

Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium+Prüfungsvorbereitung: 108 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Klausur 120 min / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. M. Schwidder, FVST

**Literaturhinweise:**



#### 5.49. Waste Water and Sludge Treatment

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Verfahrenstechnik
<b>Modul:</b> Wastewater and sludge treatment (WWST)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> The student should be able to <ul style="list-style-type: none"><li>• identify the relevant physical, chemical and biological properties of a wastewater</li><li>• understand the fundamentals of wastewater treatment technologies</li><li>• identify the relevant physical, chemical and biological properties of biosolids from wastewater treatment</li><li>• develop creative solutions for the treatment of wastewater and the control of emissions to surface water</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Constituents and analysis of waste water</li><li>• Principles of mechanical treatment processes</li><li>• Principles of biological treatment processes</li><li>• Principles of chemical treatment processes</li><li>• Activated sludge processes</li><li>• Biofilm processes</li><li>• Process selection</li><li>• Wastewater sludge treatment processes</li><li>• Disinfection processes</li><li>• Water reuse</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> lectures, tutorial and essay writing
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> bachelor in chemical or biological engineering or equivalent
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, lectures, tutorials: 42 h; private studies: 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> written exam / 5 CP
<b>Responsible lecturer:</b> M. Sc. Dupl.-Ing. M. Vergara-Araya, FVST
<b>Literature:</b> script; N.F. Gray "Water Technology", Elsevier 2005; Metcalf a. Eddy "Wastewater Engineering" MacGrawHill 2003, P. A. Vesilind "Wastewater treatment plant design" and "Student Workbook" IWA Publishing, 2003;



## 5.50. Wirbelschichttechnik

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





**Literaturhinweise:**

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