



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-  
UND SYSTEMTECHNIK

**Modulhandbuch für den**

**Studiengang**

**Wirtschaftsingenieurwesen für**  
**Verfahrens- und Energietechnik**

zur SPO 2020

**ab Immatrikulation Wintersemester 2020-21**

Gültig ab 01.10.2022 (unter Vorbehalt)



## Inhaltsverzeichnis

1. Konzept unserer verfahrenstechnischen Ausbildung .....	5
1.1. Verfahrenstechnik als Ingenieurdisziplin .....	5
1.2. Das Studienkonzept .....	5
2. Beschreibung der Ziele des Bachelorstudienganges .....	5
2.1. Ziele des Bachelorstudienganges Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik .....	6
2.2. Ziele des Masterstudienganges Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik .....	7
3. Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Pflichtmodule .....	8
3.1 Mathematik 1 für Ingenieure (Stg A) .....	8
3.2 Mathematik 2 für Ingenieure (Stg A) .....	9
3.3 Simulationstechnik .....	10
Naturwissenschaften .....	11
3.4 Physik .....	11
3.5 Anorganische und Organische Chemie .....	12
3.6 Physikalische Chemie .....	13
Ingenieurtechnische Grundlagen .....	15
3.7 Technische Darstellungslehre .....	15
3.8 Technische Mechanik I .....	17
3.9 Technische Mechanik 2/3 .....	18
3.10 Werkstoffe I .....	19
3.11 Technische Thermodynamik .....	21
3.12 Strömungsmechanik .....	23
3.13 Prozessdynamik I .....	24
3.14 Wärme- und Stoffübertragung .....	25
3.15 Mechanische Verfahrenstechnik .....	27
3.16 Apparatechnik .....	29
3.17 Wärmekraftanlagen .....	31
3.18 Thermische Verfahrenstechnik .....	33
3.19 Reaktionstechnik .....	35
3.20 Wirtschaftliche Grundlagen .....	37
3.20 Projektarbeit .....	38
3.22 Nichttechnische Fächer und nichtwirtschaftliche Fächer .....	39
Fachpraktikum .....	40
3.23 Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag .....	40
3.24 Bachelorarbeit .....	42
4. Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Wahlpflichtmodule zur Betriebswirtschaft .....	43
5. Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Kernfächer Umwelttechnik sowie Energietechnik .....	44
5.1 Combustion Engineering .....	44
5.2 Fluidenergiemaschinen .....	46
5.3 Fuel Cells .....	48
5.4 Funktionale Materialien für die Energiespeicherung .....	50



5.5.	Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe.....	52
5.6.	Umwelttechnik und Luftreinhaltung .....	53
5.7.	Waste Water and Sludge Treatment .....	54
6.	Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Pflichtmodule .....	55
7.	Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Kernfächer Umwelttechnik .....	57
7.1	Aufbereitungstechnik und Recycling .....	57
7.2.	Environmental Biotechnology .....	59
7.3.	Transport phenomena in granular, particulate and porous media .....	60
7.4.	Umweltchemie.....	62
7.5.	Waste Water and Sludge Treatment .....	65
8.	Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Kernfächer Energietechnik.....	66
8.1	Combustion Engineering .....	66
8.2	Fluidenergiemaschinen .....	68
8.3	Fuel Cells.....	69
8.4	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung .....	71
8.5	Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe.....	73
9.	Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik - Wirtschaftswissenschaftliche Wahlpflichtfächer .....	74
10.	Masterarbeit .....	75
11.	Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Wahlpflichtmodule.....	76
11.1.	Abwasserreinigung und Abfallbehandlung.....	76
11.2.	Allgemeine Elektrotechnik 1 .....	77
11.3.	Allgemeine Elektrotechnik 2 .....	78
11.4.	Angewandtes Energierecht für Ingenieure.....	79
11.5.	Arbeitssicherheitsmanagement .....	81
11.6.	Bioseparationen.....	83
11.7.	Combustion Engineering .....	84
11.8.	Control of Toxic Trace Elements.....	86
11.9.	DE project: Visualization of Process Engineering Applications .....	87
11.10.	Drying Technology .....	89
11.11.	Elektrische Netze 1 .....	91
11.12.	Environmental Biotechnology .....	92
11.13.	Fluidenergiemaschinen .....	93
11.14.	Fuel cells .....	94
11.15.	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung.....	96
11.16.	Integrierte innovative Reaktorkonzepte .....	97
11.17.	Kältetechnik .....	99
11.18.	Mechanische Trennprozesse .....	100
11.19.	Modellierung und Simulation der biologischen Prozesse in Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen .....	102
11.20.	Product quality in the chemical industry .....	104
11.21.	Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie .....	105
11.22.	Projektarbeit Verfahrensplanung .....	106
11.23.	Projektseminar Nachhaltigkeit.....	108



11.24.	Regenerative Elektroenergiequellen – Systembetrachtung .....	109
11.25.	Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe .....	110
11.26.	Simulation mechanischer Prozesse .....	111
11.27.	Systemverfahrenstechnik .....	113
11.28.	Transport phenomena in granular, particulate and porous media.....	115
11.29.	Trocknungstechnik.....	117
11.33.	Umweltchemie .....	119
11.34.	Wasser- und Flusskraftwerke.....	122
11.35.	Waste Water and Sludge Treatment .....	123
11.36.	Wirbelschichttechnik .....	124



# 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 „Wirtschaftsingenieur für Verfahrens- und Energietechnik“ 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 Bachelorstudienganges

Der Wirtschaftsingenieur ist die methodische Brücke zwischen dem Ingenieur und dem Ökonomen. Wie notwendig diese Brücke ist, zeigt der gegenwärtig starke Bedarf der Industrie an solchen wirtschaftlich denkenden Ingenieuren.

Heute und zukünftig hängt der Erfolg eines Betriebes, eines Konzerns oder einer Volkswirtschaft davon ab, ob die erzeugten Produkte wirtschaftlich sind und auf dem globalen Markt gefragt sind. Neben Funktion und Qualität ist die wirtschaftliche Effizienz gleichbedeutend wichtig für stoffliche Erzeugnisse, Maschinen, Apparate oder Stoffwandlungsverfahren (Anlagen).

Die Studieninhalte sind durch die zweckmäßige methodische Verknüpfung der natur- und ingenieurwissenschaftliche sowie mathematische Grundlagen der Verfahrens- und Energietechnik mit den volks- und betriebswirtschaftlichen Fächern im Bereich Marketing, Finanzpolitik, Rechtsfragen, Investition und Finanzierung gekennzeichnet.

**Mögliche Berufs- und Einsatzfelder:**



verschiedenste Bereiche der Wirtschaft in Industrie, Handel und Dienstleistung sowie in der Verwaltung, wo ein zielgerichtetes „Ingenieurdenken“ und eine einheitliche wirtschaftliche Betrachtungs- und Arbeitsweise unerlässlich ist: Unternehmensführung, Organisation, Technisches Management, Controlling, Rohstoff-, Energie- und Finanzmärkte sowie Betriebswirtschaft.

### 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, zielgerichtetes „Ingenieurdenken“

Der Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik ist konsekutiv aufgebaut: nach dem berufsqualifizierenden Bachelorabschluss wird ein fortführendes Masterstudium angeboten.

### 2.1. Ziele des Bachelorstudienganges Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

Der Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik ist modular aufgebaut. In der Regelstudienzeit von 7 Semestern sind 210 Creditpoints zu erwerben.

Im Bachelorstudiengang werden die Grundlagen in den wesentlichen naturwissenschaftlichen, ingenieurtechnischen sowie wirtschaftswissenschaftlichen 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 Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik einen zweiten berufs- und forschungsqualifizierenden Abschluss mit dem akademischen Grad „Master of Science“ zu erlangen.

<b>Bachelor (7 Semester)</b>				
<b>Naturwissen- schaftliche Grundlagen</b>	<b>Ingenieur- wissenschaftliche Grundlagen</b>	<b>Wirtschafts- wissenschaftliche Grundlagen</b>	<b>Ingenieur- technische Fächer</b>	<b>Fach- praktika</b>
Mathematik	Mechanik	Rechnungswesen	Reaktionstechnik	
Physik	Strömungen	Betriebswirtschafts- lehre	Mechanische Verfahrenstechnik	<b>Industrie- praktikum</b>
Chemie	Thermodynamik	Kostenbewertung	Thermische Verfahrenstechnik	
Physikalische Chemie	Werkstoffe	Produktion, Logistik	Apparatetechnik	<b>Bachelor- arbeit</b>



Biologie	Informationen	Marketing	Anlagentechnik	
	Simulationen	Investition		
		Bürgerliches Recht		

## 2.2. Ziele des Masterstudienganges Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

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.

Den Studenten des Masterstudienganges werden die umfangreichen Kompetenzen zur Erkennung und insbesondere zur effektiven Lösung verfahrenstechnischer Probleme mit *neuen methodischen Werkzeugen* vermittelt. Die Absolventen können stoffliche Produkte, Prozesse (Apparate, Maschinen), Verfahren (Anlagen) sowie stoffwirtschaftliche Betriebe effizient planen, gestalten und wirtschaftlich 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>	
Anlagenbau	
Energietechnik	
Materialflusstechnik	
Business Decision Making	
Operations Research	
	<b>Masterarbeit</b>
<b>Technische und wirtschaftswissenschaftliche Wahlpflichtfächer</b>	



### 3. Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Pflichtmodule

#### Mathematik

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

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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 Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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 Simulationstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Simulationstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> In dieser Vorlesung erlangen die Studenten die Fähigkeit, die inzwischen weit verbreitete, kommerzielle mathematisch-numerische Programmierumgebung MatLab® als ein umfangreiches Ingenieurswerkzeug zu erlernen und zu benutzen, um damit Probleme und Aufgabenstellungen aus folgenden Studienveranstaltungen zu bearbeiten, in der eigenen wissenschaftliche Arbeiten anzuwenden und auch im späteren industriellen Arbeitsalltag auf vielfältige Weise zum Einsatz zu bringen. Zu Beginn der Vorlesung werden zunächst in einer kompakten Einführung die wichtigsten Grundlagen der Programmierung mit den relevanten numerischen Verfahren vermittelt. Danach erfolgt eine detaillierte, praxisorientierte Einführung in die Software. Das erworbene Wissen wird an einer Auswahl von studienfachbezogenen Problemstellungen aus den Bereichen Chemie- und Energietechnik als auch der Biotechnologie gefestigt und vertieft.
<b>Inhalt:</b> <b>Theorie der Simulationstechnik</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen allgemeiner Simulationsmethodik: Beispiele und Nutzen</li><li>• Grundlegende Schritte: Realität, Modell, Simulation</li><li>• Modellgleichungen und Lösungsalgorithmen</li><li>• Grundlagen zu relevanten numerischen Verfahren und Algorithmen</li><li>• Simulationstechniken zur Modellanalyse und Parameterbestimmung</li><li>• Einsatz der Simulation für Analyse, Optimierung und Design</li></ul> <b>Praktische Einführung in MATLAB</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Softwarenutzung und Programmiertechniken</li><li>• Funktionsaufrufe und Datenvisualisierung</li><li>• Numerische Lösung algebraischer, differentieller und integraler Gleichungen</li><li>• Simulation kontinuierlicher Systeme: Bilanzmodelle und chemischen Reaktoren</li><li>• Simulation diskreter Systeme: Verkehrsprobleme und biotechnologischen Modelle</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 1 SWS Vorlesung, 1 SWS Hörsaalübung und 1 SWS Computerlabor-Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Programmierung, Schriftliche Prüfung (K120) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Voigt, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Benker, Mathematik mit MATLAB : Eine Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer 2000, Bungartz Modellbildung und Simulation Springer 2009.



## Naturwissenschaften

### 3.4 Physik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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: 112 Stunden, Selbststudium: 188 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 180 / 10 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. R. Goldhahn, FNW



### 3.5 Anorganische und Organische Chemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Anorganische und Organische Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden kennen die wichtigsten, allgemeinen Gesetzmäßigkeiten des strukturellen Aufbaus der Elemente, sowie des chemischen Aufbaus einfacher Verbindungsklassen und können auf dieser Grundlage die häufig komplexen und abstrakten Zusammenhänge in der Chemie erkennen und anwenden. Sie sind in der Lage Reaktionsgleichungen für die wichtigsten Reaktionstypen aufzustellen und dazu stöchiometrische Berechnungen durchzuführen. Die Studierenden können eine Auswahl technisch wichtiger Produkte, sowie deren Einsatzgebiete benennen und deren Herstellung beschreiben.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Aufbau der Materie, Atomaufbau, Bohrsches Atommodell, Quantenzahlen und Orbitale, Periodensystem der Elemente und Bindungsarten, Lewis-Formeln, Oktettregel, dative Bindung, Valenzbindungstheorie (VB), Hybridisierung, <math>\sigma</math>-Bindung, <math>\pi</math>-Bindung, Mesomerie, Molekülorbitaltheorie (MO-Theorie), Dipole, Elektronegativität, VSEPR-Modell, Van der Waals-Kräfte</i></li><li>2. <i>Einführung in die Thermodynamik chemischer Reaktionen, Chemisches Gleichgewicht,</i></li><li>3. <i>Katalyse Ammoniaksynthese, Synthese von Schwefeltrioxid; Lösungen, Elektrolyte, Löslichkeitsprodukt, Säure-Base Theorie (Arrhenius und Bronsted), pH-Wert, Oxidationszahlen, Redoxvorgänge</i></li><li>4. <i>Wasserstoff (Vorkommen, Eigenschaften, Darstellung) Wasserstoffverbindungen Edelgase (Vorkommen, Eigenschaften, Verwendung)</i></li><li>5. <i>Ausgewählte Hauptgruppen und Hauptgruppenelemente (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung, Verbindungen)</i></li><li>6. <i>Chemische Bindung in organischen Verbindungen; Systematik und Nomenklatur wichtiger Stoffklassen, Reaktionsverhalten und Reaktionsmechanismen an ausgewählten Beispielen,</i></li><li>7. <i>nucleophile und elektrophile Substitution, Eliminierung</i></li><li>8. <i>Sauerstoffverbindungen – insbesondere Alkanole, Ether und Phenole; Carbonsäuren und ihre Derivate</i></li><li>9. <i>Einführung in die Stereochemie,</i></li></ol> <i>Kunststoffe, wichtige Lösungsmittel, ausgewählte großtechnische Verfahren</i>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 h (3 SWS, (2 VL, 1 Ü)), Selbststudium 108 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> LN / Klausur 120 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. F. Scheffler, FVST <b>weitere Lehrende:</b> Dr. A. Lieb / Dr. Schwidder
<b>Schrifttum:</b> Allgemeine und Anorganische Chemie, E. Riedel (DeGruyter)



### 3.6 Physikalische Chemie

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Physikalische Chemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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

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

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

**Inhalt**Block 1:*Einführung*

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

*Chemische Thermodynamik*

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

Block 2:

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

Block 3:

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

Block 4:

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

Block 5:

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

*Kinetik homogener und heterogener Reaktionen*

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



**Block 6:**

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

**Block 7:**

*Elektrochemie (Thermodynamik und Kinetik geladener Teilchen)*

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

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

**Lehrformen:**

Vorlesung, Rechenübung, Praktikum mit Seminar

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mathematik I

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 4 SWS (56 Stunden), Selbststudium: 94 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / Praktikumsschein / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

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



## Ingenieurtechnische Grundlagen

### 3.7 Technische Darstellungslehre

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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



**Literaturhinweise:**

Weitere Literaturhinweise im Vorlesungsskript





### 3.8 Technische Mechanik I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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>



### 3.9 Technische Mechanik 2/3

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen Verfahrens- und Energietechnik
<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>



### 3.10. Werkstoffe I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen Verfahrens- und Energietechnik
<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>Modulverantwortlicher:</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>



**Literaturhinweise:**

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

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

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

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



### 3.11. Technische Thermodynamik

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**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,9-Diagramm)
10. Grundlagen der Kreisprozesse, Links- und Rechtsprozesse (Energiewandlungsprozesse: Wärmekraftmaschine, Kältemaschinen und Wärmepumpen), Möglichkeiten und Grenzen der Energiewandlung (2. Hauptsatz), Carnot-Prozess (Bedeutung als Vergleichsprozess für die Prozessbewertung)
11. Joule-Prozess als Vergleichsprozess der offenen und geschlossenen Gasturbinenanlagen, Prozessverbesserung durch Regeneration, Verbrennungskraftmaschinen (Otto- und Dieselpsprozess) – Berechnung und Vergleich, Leistungserhöhung durch Abgasturbolader, weitere Kreisprozesse
12. Zustandsverhalten realer, reiner Stoffe mit Phasenänderung, Phasengleichgewicht und Gibbs'sche Phasenregel, Dampftafeln und Zustandsdiagramme, Tripelpunkt und kritischer Punkt, Clausius-Clapeyron'sche Gleichung, Zustandsänderungen mit Phasenumwandlung
13. Kreisprozesse mit Dämpfen, Clausius-Rankine-Prozess als Sattedampf- 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  
Dr. Schulz



### 3.12. Strömungsmechanik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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>



## Verfahrens- und energietechnische Grundlagen

### 3.13. Prozessdynamik I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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>





### 3.14. Wärme- und Stoffübertragung

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Wärme- und Stoffübertragung

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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.

**Inhalt:**

1. Arten der Wärmeübertragung (Grundgleichungen für Leitung, Konvektion und Strahlung), Erwärmung von thermisch dünnen Körpern und Fluiden (Newtonsches Kapazitätsmodell)
2. Wärmedurchgang in mehrschichtigen Wänden, Wärmewiderstände, Wirkung von Wärmedämmungen und Rippen
3. Konvektion, Herleitung Nusseltfunktion, laminare und turbulente Grenzschichten, überströmte Körper (Platte, Kugel, Rohre, Rohrbündel), durchströmte Körper (Rohre, Kanäle, Festbetten), temperaturabhängige Stoffwerte, Prallströmungen (Einzeldüse, Düsensysteme)
4. Freie Konvektion (Grenzschichten, Nu-Funktionen für verschiedene Geometrien), Verdampfung (Mechanismus, Nu-Funktionen, Stabilität von Verdampfer, Kühlvorgänge), Kondensation (Filmtheorie, laminare und turbulente Nu-Funktionen)
5. Rekuperatoren (Gleich-, Gegen- und Kreuzstrom), Regeneratoren,
6. Arten der Diffusion (gewöhnlich, nicht-äquimolar, Porendiffusion, Darcy, Knudsen), Stoffübergang
7. Stationäre Vorgänge, Diffusion durch mehrschichtige Wände, Katalysatoren, Stoffübergang zwischen Phasen (Henry), Kopplung von Wärme- und Stoffübertragung am Beispiel Verdampfung

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung, Projektarbeit

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Technische Thermodynamik, Strömungsmechanik

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Projektarbeit (wird auf die Klausurnote angerechnet, Prüfungsvoraussetzung) / K 120 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

JP A. Dieguez-Alonso, FVST



**Literaturhinweise:**

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



### 3.15. Mechanische Verfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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

**Modulverantwortlicher:**

Prof. B. van Wachem, FVST

**Literaturhinweise:**

[[1] Manuskript mit Text, Bildern und Übungen.

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

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



### 3.16. Apparatetechnik

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Apparatetechnik

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Ausgehend von den unterschiedlichen wesentlichen Prozessen in der Verfahrenstechnik besitzen die Studenten Basiskompetenzen für deren apparative Umsetzung. Sie haben ein Grundverständnis für die erforderlichen Apparate sowie deren Gestaltung von der Funktionserfüllung bis zur Apparatefestigkeit. Den Studenten sind die wesentlichen Grundlagen für die festigkeitsseitige Berechnung wichtiger Apparateteile bekannt. Sie können, ausgehend von den verfahrenstechnischen Erfordernissen, die verschiedenen Typen von Wärmeübertragungsapparaten, Stoffübertragungsapparaten, Apparaten für die mechanische Stofftrennung und –vereinigung sowie Pumpen und Ventilatoren in ihrer Wirkungsweise einschätzen und beherrschen vereinfachte Berechnungsansätze in Form von Kriterialequationen. Sie besitzen ein erstes Verständnis für den Betrieb derartiger Apparate und Anlagen. Sie haben durch eine Exkursion in einen Produktionsbetrieb (z. B. Zuckerfabrik) direkten Einblick in die Betriebsabläufe und die Funktionsweise von wichtigen Apparatetypen erhalten.

**Inhalt:**

1. Einführung, Aufgaben des Chemischen Apparatebaus, Überblick über wesentliche Grundlagen, Prinzipielle Methoden der Berechnung von Prozessen und zugehörigen Apparaten, Wichtige Gesichtspunkte für den Apparateentwurf
2. Gewährleistung der Apparatefestigkeit, Grundlagen, Beispiele für Festigkeitsberechnungen von zylindrischen Mänteln, ebenen und gewölbten Böden und anderen Apparateteilen
3. Wärmeübertragungsapparate, Berechnungsgrundlagen Bauarten von Wärmeübertragungsapparaten und wesentliche Leistungsdaten von Wärmeübertragern
4. Stoffübergangsapparate, Grundgesetze, Thermische Gleichgewichte zwischen verschiedenen Phasen, Blasendestillation, Mehrstufige Prozesse, Rektifikation, Konstruktive Stoffaustauschelemente, Hydraulischer Arbeitsbereich, Allgemeiner Berechnungsablauf für Kolonnenböden, Konstruktive Details von Kolonnen
5. Apparate für die Trocknung von Feststoffen, Berechnungsgrundlagen, Arten der Trocknung, Übersicht über technisch wichtige Trocknerbauformen
6. Apparate für die mechanische Trennung disperser Systeme, Apparative Gestaltung von Sedimentationsapparaten, Filtrationsapparate, Apparative Gestaltung von Zentrifugen, Dekantern
7. Rohrleitungen und Armaturen, Apparative Ausführung von Pumpen und Ventilatoren und deren Betriebsweise

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung (Im Rahmen der Übung wird ein Apparat berechnet und konstruktiv entworfen), Exkursion

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mathematik, Physik, Strömungsmechanik I

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

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 Apparatetechnik, Vulkan-Verlag Essen, 2004; Berechnung metallischer Rohrleitungsbauteile nach EN 13480-3, Vogel-Buchverlag Würzburg, 2005



### 3.17. Wärmekraftanlagen

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Wärmekraftanlagen

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden können wesentliche Leistungs- und Bewertungsgrößen einschließlich der thermischen Wirkungsgrade der verschiedenen Verfahren zur Erzeugung von mechanischer Energie aus Wärme berechnen. Die Vor- und Nachteile der Verfahren sowie deren wirtschaftliche Rahmenbedingungen sind bekannt. Die Verfahren können ökologisch bewertet werden hinsichtlich Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen.

**Inhalt:**

- Die Energiewandlung als Basis für die Entwicklung der Menschheit und ihre Auswirkung auf die Umwelt, globale Energieverbräuche, Entwicklung des Energieverbrauchs in Deutschland, Prinzipielle Möglichkeiten der Energieeinsparung
- Fossile Brennstoffe, Feuerungstechnische Wirkungsgrade, Emissionen
- Motorische Energiewandlung, Vormischflammen, Diffusionsflammen, Motorenkonzepte, thermische Wirkungsgrade, Diesel-Motor
- Otto-Motor, Zündung, Verbrennung, Gas-Motor, Gasturbine
- Grundlagen der Kreisprozesse zur Erzeugung elektrischer Energie: Carnotisierung, Prozesscharakteristiken, Prinzip der Regeneration, Anwendung der Berechnungsprogramme von Wagner zur Beschreibung des Zustandsverhaltens von Wasser nach IAPWS-I 97 (Industriestandard)
- Dampfturbinenprozesse: Kreisprozesscharakteristik, Möglichkeiten der Wirkungsgradverbesserung, Regenerative Speisewasservorwärmung, Zwischenüberhitzung, überkritische Arbeitsweise
- Dampfkraftanlagen: Schaltbilder und Energieflussdiagramme, Dampf-erzeuger, Verluste, Abgasbehandlung und Umweltaspekte, Wirkungsgrade und technischer Stand
- Kombiprozesse: Energetische Bewertung, Grundsaltungen, Leistungsverhältnis, Wirkungsgrade und technischer Stand
- Kraft-Wärme-Kopplung: Getrennte und gekoppelte Erzeugung von Wärme und Elektroenergie, Bedarfsanalyse, Stromkennzahl, Grundsaltungen, wärme- und stromgeführte Fahrweise, Dampfturbinen für Wärmeauskopplung (Gegendruck- und Entnahme-Kondensationsanlage), BHKW's mit Kolbenmotoren und Gasturbinen, thermodynamische Bewertung und Umweltaspekte

**Lehrformen:**

Vorlesung mit Übung

**Voraussetzungen für die Teilnahme:**

Thermodynamik, Physikalische Chemie, Strömungsmechanik

**Leistungsnachweis/Prüfung/Credits:**

Klausur 120 min / 5 CP

**Arbeitsaufwand:**

4 SWS, Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden



**Modulverantwortlicher:**

Dr. F. Schulz, FVST

**Literaturhinweise:**

Skript zum Download





### 3.18. Thermische Verfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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).



### 3.19. Reaktionstechnik

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Reaktionstechnik

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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. Hamel, Dr.-Ing. Gerlach, FVST



### **3.20. Wirtschaftliche Grundlagen**

Die Modulbeschreibungen für das Pflichtfächerangebot im Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik für die wirtschaftswissenschaftlichen Module

Betriebliches Rechnungswesen  
Einführung in die Betriebswirtschaftslehre  
Einführung in die Volkswirtschaftslehre  
Internes Rechnungswesen  
Produktion, Logistik & Operations Research  
Marketing

können aus dem Bachelorstudiengang Betriebswirtschaftslehre nachfolgenden Link entnommen werden:

[http://www.fww.ovgu.de/Studium/Studiendokumente+\\_+Formulare/Modulhandb%C3%BCcher/Bachelorstudieng%C3%A4nge.html](http://www.fww.ovgu.de/Studium/Studiendokumente+_+Formulare/Modulhandb%C3%BCcher/Bachelorstudieng%C3%A4nge.html)



## **Berufspraktisches Training**

### **3.20. Projektarbeit**

<b>Studiengang:</b> Pflichtfach Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> 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 zu 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> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Präsentation / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> N.N., FVST



### 3.22. Nichttechnische Fächer und nichtwirtschaftliche Fächer

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtfächer Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Nichttechnische Fächer und nichtwirtschaftl. 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> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 34 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweise / 3 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> <a href="https://lsf.ovgu.de/qislsf/rds?state=wtree&amp;search=1&amp;category=veranstaltung.browse&amp;navigationPosition=lectures%2Clectureindex&amp;breadcrumb=lectureindex&amp;topitem=lectures&amp;subitem=lectureindex">https://lsf.ovgu.de/qislsf/rds?state=wtree&amp;search=1&amp;category=veranstaltung.browse&amp;navigationPosition=lectures%2Clectureindex&amp;breadcrumb=lectureindex&amp;topitem=lectures&amp;subitem=lectureindex</a>  Die Module, die unter Schlüsselkompetenzen und Nichttechnische Wahlpflichtfächern stehen, werden anerkannt.



## Fachpraktikum

### 3.23. Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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.

**Inhalt:**

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.

- Energieerzeugung
- Behandlung von Feststoffen
- Behandlung von Fluiden
- Instandhaltung, Wartung und Reparatur
- Messen, Analysen, Prüfen, Qualitätskontrolle
- Entwicklung, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Prozessanalyse
- Montage und Inbetriebnahme
- Bioprozess-, Pharma- und Umwelttechnik
- Gestaltung von Produkten
- Fertigungsplanung, Arbeitsvorbereitung, Auftragsabwicklung
- Fachrichtungsbezogene praktische Tätigkeit nach Absprache mit dem Praktikantenamt

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.

**Lehrformen:**

Industriepraktikum, Exkursion (Organisation: Fachschaft, aber auch eigenverantwortlich Firmenbesichtigungen möglich), Seminarvortrag

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Siehe Praktikumsordnung

**Arbeitsaufwand:**

450 Stunden





**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Praktikumsbericht, Teilnahmebescheinigung, Seminarvortrag / 15 CP

**Modulverantwortlicher:**

Studiengangfachberater\*in



### 3.24. Bachelorarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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. Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Wahlpflichtmodule zur Betriebswirtschaft**

Die Modulbeschreibungen für das Wahlpflichtfächerangebot im Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik für die wirtschaftswissenschaftlichen Module können dem Bachelorstudiengang Betriebswirtschaftslehre im nachfolgenden Link entnommen werden:

<http://www.fww.ovgu.de/Studium/Studiendokumente+-+Formulare/Modulhandb%C3%BCher/Bachelorstudieng%C3%A4nge.html>

Lt. Prüfungs- und Studienordnung sind drei Wahlpflichtfächer zu wählen. Die angebotenen Seminare können aus Kapazitätsgründen nicht gewählt werden.

Aus folgendem Fächerangebot sind 15 CP zu erbringen:

Entrepreneurship  
Entscheidungstheorie  
Mikroökonomie  
Spieltheorie  
Rechnungslegung und Publizität  
Bürgerliches Recht  
Makroökonomie  
Handels- und Gesellschaftsrecht  
Finanzwissenschaft  
Steuerrecht und Steuerwirkung  
Investition und Finanzierung  
Wirtschaftspolitik



## 5. Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Kernfächer Umwelttechnik sowie Energietechnik

### 5.1 Combustion Engineering

**Course:**

Kernfach zur Energietechnik für den Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Module:**

Combustion Engineering

**Objectives and Competence:**

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.

**Contents:**

- ☐ Phenomenology and Typology of Combustion
- ☐ Thermodynamics of Combustion
- ☐ Chemical kinetics
- ☐ Ignition
- ☐ Laminar flame theory (premixed and non-premixed flame)
- ☐ Turbulent Combustion
- ☐ Pollutant formations
- ☐ Combustion of Liquids and Solids
- ☐ Combustion diagnostics

**Teaching:**

Lectures with tutorials

**Requirement for participation:**

Thermodynamics, Heat Transfer, Fluid Mechanics, Reaction kinetics

**Work load:**

3 SWS,

Time of attendance: 42 hours, Autonomous work: 78 hours

**Examination/Credits:**

Written exam 120 min / 5 CP

**Responsibility:**

Prof. Beyrau, FVST

**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



## 5.2. Fluidenergiemaschinen

**Studiengang:**

Kernfach zur Energietechnik Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Fluidenergiemaschinen

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Nach der Teilnahme an diesem Modul beherrschen die Studenten das grundsätzliche Funktionsprinzip der Fluidenergiemaschinen (FEM) und kennen die charakteristischen Typen (Pumpen, Verdichter, Gebläse, Ventilatoren, Wasserturbinen, Dampfturbinen, Windturbinen) sowie ihre volkswirtschaftliche Bedeutung und die speziellen Einsatzgebiete.

Sie kennen das Betriebsverhalten der FEM und sind in der Lage, die Einsatzmöglichkeiten dieser Maschinen zu beurteilen und sie selbständig auszuwählen. Durch Rechenbeispiele in der Übung beherrschen sie insbesondere das Zusammenspiel einer Pumpe und einer Dampfturbine mit der jeweiligen Anlage.

**Inhalt**

- Aufgabe von Fluidenergiemaschinen, Einteilung der Fluidenergiemaschinen nach verschiedenen Kriterien
- Strömungstechnische und thermodynamische Grundlagen zur Beschreibung der Funktion von Fluidenergiemaschinen
- Änderung der Arbeitsfähigkeit des Fluids beim Durchströmen einer Fluidarbeitsmaschine und einer Fluidkraftmaschine, Energieflussdiagramm, Verluste, Wirkungsgrade
- Energieübertragung im Laufrad einer Fluidenergiemaschine, Ähnlichkeitsgesetze, Kennzahlen
- Aufbau, konstruktive Merkmale und Einsatzgebiete sowie Betriebsverhalten von Fluidarbeitsmaschinen (Pumpen, Verdichter, Gebläse, Ventilator), Grenzleistungsbedingungen
- Aufbau, konstruktive Merkmale und Einsatzgebiete sowie Betriebsverhalten von Fluidkraftmaschinen (Wasser-, Dampf-, Windturbinen), Grenzleistungsbedingungen
- Zusammenwirken von Fluidenergiemaschinen mit Anlagen

**Lehrformen:**

V.: 2 SWS; Ü.: 1 SWS

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Strömungstechnik, Thermodynamik, Konstruktionslehre

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 5 CP



**Modulverantwortlicher:**

Dr. Hoerner, FVST

**Literaturhinweise:**

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



### 5.3. Fuel Cells

**Studiengang:**

Kernfach zur Energietechnik Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Fuel Cells

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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

**Inhalt:**

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

**Lehrformen:**

Lecture and tutorial

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

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

**Arbeitsaufwand:**

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

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Written exam 60 min / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. T. Vidakovic-Koch, MPI Magdeburg





**Literaturhinweise:**

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



#### 5.4. Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

**Studiengang:**

Kernfach zur Energietechnik Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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.

**Inhalt**

**1. Thermische Energie** 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

**2. Elektrische Energie** 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

**3. Chemische Energie** Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung

Adam- und Eva-Prozess

**4. Druckluft** Speicherorte und Potentiale

Funktionsweise

**5. Schwungräder** Langsame, schnelle, Potentiale, Wirkprinzip

**6. Sonstiges** z.B. Pumpspeicherwerke

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übungen

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Keine

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS, (2 VL, 1 Ü), Selbststudium 108 h

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Klausur 90 min / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. F. Scheffler, FVST



**Literaturhinweise:**

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



## 5.5. Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Energietechnik Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Überblick über Energiemix, Energieverbrauch, Herkunft von Primärenergie,</li><li>– grundlegende Begriffe; Aufbau von Energie wandelnden Systemen; Einsparpotentiale</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Arten von Energiequellen, Definitionen, insbesondere Solarthermie,</li><li>– Konzentration von Solarstrahlung,</li><li>– Planetenenergie,</li><li>– Geothermie,</li><li>– Biomasse,</li><li>– Solarchemie,</li><li>– Kraft-Wärme-Kopplung von RE-Generatoren</li><li>– Anlagenauslegung anhand von ausgewählten Beispielen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> naturwissenschaftliche oder ingenieurtechnische Grundlagenvorlesungen; ggf. erweitert durch Anpassungsveranstaltungen gemäß Studiengangsbeschreibung
<b>Arbeitsaufwand:</b> 120 h (42 h Präsenzzeit VL+ 108 h selbständige Arbeit, + Vor- und Nachbereitung)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. M. Scheffler, FMB
<b>Literaturhinweise:</b> werden in der Einführungsveranstaltung bekanntgegeben



## 5.6. Umwelttechnik und Luftreinhaltung

**Studiengang:**

Kernfach zur Umwelttechnik Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Umwelttechnik und Luftreinhaltung

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden sind befähigt, Quellen und Auswirkungen von Schadstoffemissionen in Luft sowie Probleme und Rahmenbedingungen der Umwelttechnik zu erkennen und zu analysieren. Durch Verständnis der entsprechenden Grundlagen können sie Prozesse und Apparate der mechanischen, thermischen, chemischen und biologischen Gasreinigung auslegen. Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, Problemlösungen durch effiziente Kombination mechanischer, thermischer, chemischer und biologischer Prozesse der Luftreinhaltung zu entwickeln.

**Inhalt:**

1. Begriffe, rechtliche und ökonomische Rahmenbedingungen, Begriffe der Umwelttechnik, Rechtliche und ökonomische Rahmenbedingungen
2. Arten, Quellen, Mengen (Aufkommen) und Auswirkungen von Schadstoffen in Abluft und Abgasen
3. Typische Trennprozesse und Prozessgruppen der Gasreinigung
4. Grundlagen der Partikel- und Staubabscheidung, Bewertung der Prozessgüte und der Gasreinheit, Prozess- und Apparatebeispiele: Trägheitsabscheider, Nassabscheider, Partikel- und Staubfilter, elektrische Abscheider
5. Schadgasabscheidung durch Kondensation, Absorption, chemische Wäsche
6. Schadgasabscheidung durch Adsorption, Membranen, biologische Prozesse
7. Thermische und katalytische Nachverbrennung

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Wärme- und Stoffübertragung, Mechanische Verfahrenstechnik

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. E. Tsotsas, FVST

**Lehrende:**

Prof. E. Tsotsas, Dr. W. Hintz, Prof. H. Köser

**Literaturhinweise:**

Eigene Notizen zum Download; Görner, Hübner: Umweltschutztechnik (Springer Verlag); Cheremisinoff: Handbook of air pollution prevention and control (Butterworth-Heinemann).



## 5.7. Waste Water and Sludge Treatment

**Course:**

Kernfach zur Umwelttechnik Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Module:**

Waste water and sludge treatment (WWST)

**Objectives (competences):**

The student should be able to

- identify the relevant physical, chemical and biological properties of a wastewater
- understand the fundamentals of wastewater treatment technologies
- identify the relevant physical, chemical and biological properties of biosolids from wastewater treatment
- develop creative solutions for the treatment of wastewater and the control of emissions to surface water

**Content:**

- Constituents and analysis of waste water
- Principles of mechanical treatment processes
- Principles of biological treatment processes
- Principles of chemical treatment processes
- Activated sludge processes
- Biofilm processes
- Process selection
- Wastewater sludge treatment processes
- Disinfection processes
- Water reuse

**Teaching:**

lecture (presentation of slides, additional information on blackboard) and tutorial (exercise on board) (winter semester)

**Prerequisites:**

bachelor in chemical or biological engineering or equivalent

**Workload:**

lectures, tutorials: 42 h; private studies: 78 h

**Examination/credits:**

written exam / 5 CP

**Responsible lecturer:**

Dr.-Ing. D. Müller, FVST

**Literature:**

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;



## 6. Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Pflichtmodule

### 6.1 Prozess- und Anlagensicherheit

<b>Studiengang:</b> Master Verfahrenstechnik, Umwelt- und Energieprozesstechnik, Wirtschaftsingenieurwesen Verfahrens- und Energietechnik, Chemieingenieurwesen: Molekulare und strukturelle Produktgestaltung, Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Prozess- und Anlagensicherheit
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden untersuchen 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 berechnen Wirkungen von Stoff-Freisetzungen, Bränden und Explosionen mit mathematischen Modellen. Sie wenden die Elemente der wissenschaftlichen Risikoanalyse mittels Ereignis- und Fehlerbäumen an und bewerten Risiken aus verfahrenstechnischen Prozessen.
<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, Toulouse, Mexico-City 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 (als Belegaufgabe)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 45 Stunden, Selbststudium 105 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> schriftlich K 90, 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. U. Krause, FVST



**Literaturhinweise:**

Skript zum download, Steinbach: Grundlagen der Sicherheitstechnik, Mannam S: Lee's Loss Prevention in the Process Industries, Hauptmanns: Prozess- und Anlagensicherheit





## 7. Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Kernfächer Umwelttechnik

### 7.1 Aufbereitungstechnik und Recycling

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Umwelttechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Aufbereitungstechnik und Recycling ( <i>Aussetzung bis auf Weiteres</i> )
<b>Ziele (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• kennen Quellen und Aufkommen fester Abfallstoffe, wie z.B. Siedlungsabfälle, Baureststoffe, Metall- und Elektronikschrotte, Kunststoffabfälle, Industrieabfälle und deren unterschiedliche Stoffeigenschaften (<i>Stoffanalyse</i>),</li><li>• analysieren die resultierenden verfahrenstechnischen, energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Probleme und Ziele des Wertstoffrecyclings unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen,</li><li>• verstehen und beherrschen die Grundlagen und die Problemanalyse wichtiger Aufbereitungsprozesse fester Abfälle (<i>Prozess-Diagnose</i>), wie Aufschlusszerkleinerung und Partikeltrennungen (Klassier- und Sortierprozesse),</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 Abfallaufbereitung (<i>Verfahrensgestaltung</i>), des Wert- und Werkstoffrecyclings zwecks Erzeugung hochwertiger Recyclingprodukte (<i>Produktgestaltung</i>).</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Grundlagen</b> der <b>Aufbereitungstechnik</b> und des <b>Recyclings</b>, Prinzipien der Umweltpolitik, gesetzliche Rahmenbedingungen, komplexe Stoffkreisläufe und nachhaltige Wirtschaft</li><li>• <b>Physikalische Grundlagen</b> der <b>Charakterisierung</b> fester <b>Abfallstoffe</b>, Aufkommen, Inhaltsstoffe und Stoffeigenschaften fester Abfallstoffe, Probenahme, Partikelwechselwirkungen, Partikeltransport,</li><li>• <b>Aufschlusszerkleinerung</b>, Mechanisches Stoffverhalten, Beanspruchungsarten, Zerkleinerungsmaschinen für Abfälle mit zähem Stoffverhalten, Scheren, Reißer,</li><li>• <b>Klassierung von festen Abfällen</b>, Grundlagen, Prozesse und Maschinen des Klassierens,</li><li>• <b>Sortierung von festen Abfällen</b>, Grundlagen, Mikroprozesse, Prozesse und Maschinen des Sortierens (Dichtesortierung, Flotation, Magnetscheidung, Elektrosortierung, automatisches Klauen),</li><li>• <b>Gestaltung von Aufbereitungsverfahren</b>, kommunale Abfälle, Baureststoffe, Metall- und Elektronikschrotte, Kunststoffabfälle, feste Industrieabfälle zur Wiederverwertung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen mit studentischen Vorträgen, praktische Übungen (Aerosortierung, Flotation)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mechanische Verfahrenstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 5 CP



**Modulverantwortlicher:**

N.N.

**Literaturhinweise:**

- [1] Manuskript mit Text, Bildern und Übungen siehe [www.ovgu.de/ivt/mvt/](http://www.ovgu.de/ivt/mvt/)
- [2] Schubert, H., Aufbereitung fester Stoffe, Bd II Sortierprozesse, Dt. Verlag f. Grundstoffindustrie, Stuttgart 1996



## 7.2. Environmental Biotechnology

**Course:**

Wahlpflichtmodul zur Umwelttechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Module:**

Environmental Biotechnology

**Objectives:**

The students achieve a deeper understanding in microbiological fundamentals. They are able to characterize the industrial processes of the biological waste gas and biogenic waste treatment and the corresponding reactors and plants. They know the fundamentals of the reactor and plant design. They realise the potential of biotechnological processes for more sustainable industrial processes.

**Contents:**

- Biological Fundamentals (structure and function of cells, energy metabolism, turnover/degradation of environmental pollutants)
- Biological Waste Gas Treatment (Biofilters, Bioscrubbers, Trickle Bed Reactors)
- Biological Treatment of Wastes (Composting, Anaerobic Digestion)
- Bioremediation of Soil and Groundwater
- Prospects of Biotechnological Processes – Benefits for the Environment

**Teaching:**

Lectures/Presentation, script, company visit; (winter semester)

**Prerequisites:****Workload:**

2 hours per week

Lectures and tutorials: 28 h, Private studies: 62 h

**Examinations/Credits:**

Oral exam / 4 CP

**Responsible lecturer:**

Dr. D. Benndorf, FVST

**Literature:**

- Michael T. Madigan, John M. Martinko, David Stahl, Jack Parker, Benjamin Cummings: Brock Biology of Microorganisms, 13 edition (December 27, 2010)
- Jördening, H.-J (ed.): Environmental biotechnology: concepts and applications, Weinheim: Wiley-VCH, 2005
- Environmental Biotechnology (ed. by Lawrence K. Wang, Volodymyr Ivanov, Joo-Hwa Tay), Springer Science+Business Media, LLC, 2010 (Handbook of Environmental Engineering, 10)
- Further literature will be given in the lecture



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

**Course:**

Wahlpflichtmodul zur Umwelttechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Module:**

Transport phenomena in granular, particulate and porous media

**Objectives:**

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.

- Master transport phenomena in granular, particulate and porous media
- Learn to design respective processes and products
- Learn to combine mathematical modelling with lab experiments

**Contents:**

- Transport phenomena between single particles and a fluid
- 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
- Mechanisms of heat transfer through gas-filled gaps
- Thermal conductivity of fixed beds without flow  
Axial and lateral heat and mass transfer in fixed beds with fluid flow
- Heat transfer from heating surfaces to static or agitated bulk materials
- Contact drying in vacuum and in presence of inert gas
- Heat transfer between fluidized beds and immersed heating elements

**Teaching:**

Lectures / Exercises; (summer semester)

**Prerequisites:****Workload:**

3 hours per week

Lectures and tutorials: 42 h, Private studies: 78 h

**Examinations/Credits:**

Oral exam / 5 CP

**Responsible lecturer:**

Prof. E. Tsotsas, FVST



**Literature:**

- Own notes for download
- Schlünder, E.-U., Tsotsas, E., Wärmeübertragung in Festbetten, durchmischten Schüttgütern und Wirbelschichten, Thieme, Stuttgart, 1988
- Geankoplis, C.J., Transport processes and separation process principles, Prentice Hall, 2003



#### 7.4. Umweltchemie

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul zur Umwelttechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Umweltchemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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

**Inhalt**

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



14. **Aerosole:** Bedeutung, Quellen und Eigenschaften, Umwandlungen, Zusammensetzung, Größe, Lebensdauer, Verteilung, Einfluss auf den Menschen, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Tabakrauch, Asbeste
15. **Immissionsschutzrecht:** Bundes-Immissionsschutzgesetz, Rechtsverordnungen, anlagenbezogener Immissionsschutz, produkt- und gebietsbezogener Immissionsschutz, Störfallverordnung
16. **Wasser – Grundlagen:** Bedeutung und Eigenschaften, Wasser als Lösungsmittel, Löslichkeit von Salzen, Hydratation, exotherme und endotherme Lösungsvorgänge, Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit, Löslichkeit von Molekülen, Löslichkeit von Gasen, Säure-Base-Reaktionen, pH-Wert, Stärke von Säuren und Basen, pH-Wert-Berechnungen, Fällung von Hydroxiden, Flockung
17. **Inhaltsstoffe natürlicher Gewässer und Wasserbelastungen:** Inhaltsstoffe natürlicher Gewässer, Oberflächenwasser, Grundwasser, Meerwasser, pH-Wert natürlicher Gewässer, gelöste Kationen, gelöste Anionen, gelöste Gase, organische Wasserinhaltsstoffe, dispergierte Feststoffe, Wasserbelastungen, Nährstoffe, Trophiegrad von Gewässern, Salze und Schwermetalle, Selbstreinigung, Saprobien-Index, Sauerstoffgehalt, aerober und anaerober Abbau
18. **Bewertung wassergefährdender Stoffe:** Wassergefährdende Stoffe, Biotests, toxikologische Untersuchungen, Permanganat-Index, chemischer Sauerstoffbedarf, biochemischer Sauerstoffbedarf, biochemischer Abbaugrad, Einwohnergleichwert, AOX und TOC, Gewässergüteklassen
19. **Spezielle Wasserbelastungen:** Wasch- und Reinigungsmittel, Wasserhärte, polychlorierte Dibenzodioxime und Dibenzofurane, polychlorierte Biphenyle, Öl
20. **Trinkwassergewinnung und Abwasserreinigung:** Trinkwasserbedarf, Anforderungen an Trinkwasser, Trinkwassergewinnung und –aufbereitung, Abwasser, Reinigung kommunaler Abwässer, mechanische und biologische Abwasserreinigung, Behandlung und Beseitigung von Klärschlamm, chemische Abwasserreinigung, photokatalytische Abwasserreinigung
21. **Gewässerschutzrecht:** Wasserhaushaltsgesetz, Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe, Abwasserverordnung, EU-Wasserrahmenrichtlinie
22. **Boden – Grundlagen:** Zusammensetzung, Humus und Huminstoffe, 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:**

K 120 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. M. Schwidder, FVST

**Literaturhinweise:**





## 7.5. Waste Water and Sludge Treatment

**Course:**

Wahlpflichtmodul zur Umwelttechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Module:**

Wastewater and sludge treatment (WWST)

**Objectives (competences):**

The student should be able to

- identify the relevant physical, chemical and biological properties of a wastewater
- understand the fundamentals of wastewater treatment technologies
- identify the relevant physical, chemical and biological properties of biosolids from wastewater treatment
- develop creative solutions for the treatment of wastewater and the control of emissions to surface water

**Content:**

- Constituents and analysis of waste water
- Principles of mechanical treatment processes
- Principles of biological treatment processes
- Principles of chemical treatment processes
- Activated sludge processes
- Biofilm processes
- Process selection
- Wastewater sludge treatment processes
- Disinfection processes
- Water reuse

**Teaching:**

lecture (presentation of slides, additional information on blackboard) and tutorial (exercise on board) (winter semester)

**Prerequisites:**

bachelor in chemical or biological engineering or equivalent

**Workload:**

lectures, tutorials: 42 h; private studies: 108 h

**Examination/credits:**

written exam / 5 CP

**Responsible lecturer:**

Dr.-Ing. D. Müller, FVST

**Literature:**

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;



## 8. Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Kernfächer Energietechnik

### 8.1 Combustion Engineering

**Course:**

Kernfach zur Energietechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Combustion Engineering

**Objectives and Competence:**

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.

**Contents:**

- ☐ Phenomenology and Typology of Combustion
- ☐ Thermodynamics of Combustion
- ☐ Chemical kinetics
- ☐ Ignition
- ☐ Laminar flame theory (premixed and non-premixed flame)
- ☐ Turbulent Combustion
- ☐ Pollutant formations
- ☐ Combustion of Liquids and Solids
- ☐ Combustion diagnostics

**Teaching:**

Lectures with tutorials

**Requirement for participation:**

Thermodynamics, Heat Transfer, Fluid Mechanics, Reaction kinetics

**Work load:**

3 hours per week

Time of attendance: 42 hours, Autonomous work: 78 hours

**Examination/Credits:**

Written exam 120 min / 5 CP

**Responsibility:**

Prof. Beyrau, FVST

**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



## 8.2 Fluidenergiemaschinen

**Studiengang:**

Kernfach zur Energietechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Fluidenergiemaschinen

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Nach der Teilnahme an diesem Modul beherrschen die Studenten das grundsätzliche Funktionsprinzip der Fluidenergiemaschinen (FEM) und kennen die charakteristischen Typen (Pumpen, Verdichter, Gebläse, Ventilatoren, Wasserturbinen, Dampfturbinen, Windturbinen) sowie ihre volkswirtschaftliche Bedeutung und die speziellen Einsatzgebiete.

Sie kennen das Betriebsverhalten der FEM und sind in der Lage, die Einsatzmöglichkeiten dieser Maschinen zu beurteilen und sie selbständig auszuwählen. Durch Rechenbeispiele in der Übung beherrschen sie insbesondere das Zusammenspiel einer Pumpe und einer Dampfturbine mit der jeweiligen Anlage.

**Inhalt**

- Aufgabe von Fluidenergiemaschinen, Einteilung der Fluidenergiemaschinen nach verschiedenen Kriterien
- Strömungstechnische und thermodynamische Grundlagen zur Beschreibung der Funktion von Fluidenergiemaschinen
- Änderung der Arbeitsfähigkeit des Fluids beim Durchströmen einer Fluidarbeitsmaschine und einer Fluidkraftmaschine, Energieflussdiagramm, Verluste, Wirkungsgrade
- Energieübertragung im Laufrad einer Fluidenergiemaschine, Ähnlichkeitsgesetze, Kennzahlen
- Aufbau, konstruktive Merkmale und Einsatzgebiete sowie Betriebsverhalten von Fluidarbeitsmaschinen (Pumpen, Verdichter, Gebläse, Ventilator), Grenzleistungsbedingungen
- Aufbau, konstruktive Merkmale und Einsatzgebiete sowie Betriebsverhalten von Fluidkraftmaschinen (Wasser-, Dampf-, Windturbinen), Grenzleistungsbedingungen
- Zusammenwirken von Fluidenergiemaschinen mit Anlagen

**Lehrformen:**

V.: 2 SWS; Ü.: 1 SWS

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Strömungstechnik, Thermodynamik, Konstruktionslehre

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. Hoerner, FVST

**Literaturhinweise:**

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



### 8.3 Fuel Cells

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Energietechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Fuel Cells
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> The participants understand the principles of electrochemical energy conversion. They are aware of the technical applications and future trends in the area of fuel cells. The participants are able to analyse, design and optimise fuel cell systems and possess basic knowledge in the area of fuel processing.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction to fuel cells<ul style="list-style-type: none"><li>- Working principle</li><li>- Types of fuel cells</li><li>- Applications</li></ul></li><li>• Steady-state behaviour of fuel cells<ul style="list-style-type: none"><li>- Potential field</li><li>- Constitutive relations (Nernst equation, electrochemical reaction kinetics, mass transport)</li><li>- Integral balance equations for mass and energy</li><li>- Current-voltage-curve, efficiencies, design</li></ul></li><li>• Experimental methods in fuel cell research</li><li>• Fuels<ul style="list-style-type: none"><li>- Handling and storage of hydrogen</li><li>- Fuel processing</li></ul></li><li>• Fuel cell systems</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Lecture and tutorial
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Basic knowledge on thermodynamics, reaction engineering and mass transport is advantageous
<b>Arbeitsaufwand:</b> 30h time of attendance (one-week full-time block seminar), 10h outside classes presence: 42 hours (3 SWS), private studies: 108 h (lit. survey)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Written exam 60 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. T. Vidakovic-Koch, MPI Magdeburg



**Literaturhinweise:**

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



#### 8.4 Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

**Studiengang:**

Kernfach zur Energietechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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.

**Inhalt**

**1. Thermische Energie** 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

**2. Elektrische Energie** 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

**3. Chemische Energie** Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung

Adam- und Eva-Prozess

**4. Druckluft** Speicherorte und Potentiale

Funktionsweise

**5. Schwungräder** Langsame, schnelle, Potentiale, Wirkprinzip

**6. Sonstiges** z.B. Pumpspeicherwerke

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übungen

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Keine

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS, (2 VL, 1 Ü), Selbststudium 108 h

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Klausur 90 min / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. F. Scheffler, FVST



**Literaturhinweise:**

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





## 8.5 Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Energietechnik Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Überblick über Energiemix, Energieverbrauch, Herkunft von Primärenergie,</li><li>– grundlegende Begriffe; Aufbau von Energie wandelnden Systemen; Einsparpotentiale</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Arten von Energiequellen, Definitionen, insbesondere Solarthermie,</li><li>– Konzentration von Solarstrahlung,</li><li>– Planetenenergie,</li><li>– Geothermie,</li><li>– Biomasse,</li><li>– Solarchemie,</li><li>– Kraft-Wärme-Kopplung von RE-Generatoren</li><li>– Anlagenauslegung anhand von ausgewählten Beispielen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> naturwissenschaftliche oder ingenieurtechnische Grundlagenvorlesungen; ggf. erweitert durch Anpassungsveranstaltungen gemäß Studiengangsbeschreibung
<b>Arbeitsaufwand:</b> 120 h (42 h Präsenzzeit VL+ 108 h selbständige Arbeit, + Vor- und Nachbereitung)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. M. Scheffler, FMB
<b>Literaturhinweise:</b> werden in der Einführungsveranstaltung bekanntgegeben



## 9. Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik - Wirtschaftswissenschaftliche Wahlpflichtfächer

Im Bereich der Wirtschaftswissenschaftlichen Wahlpflichtfächer sind insgesamt 3 Module zu belegen. Aus der Modulliste:

- Engineering Economics (5 CP)
- Business Decision Making (5 CP)
- Modelling and Solving Optimization Problems (5 CP)
- Methoden der Mathematischen Optimierung (5 CP)

Ist mindestens 1 Modul zu belegen. Die weiteren Module können frei aus den Profilierungsschwerpunkten (PSP) des Masterstudienganges „Betriebswirtschaftslehre / Business Economics“ der Fakultät für Wirtschaftswissenschaft ausgewählt werden. Die in den Profilierungsschwerpunkten genannten Seminare können nicht belegt werden. Die Modulbeschreibungen sind dem Modulhandbuch des Masterstudienganges „Betriebswirtschaftslehre / Business Economics“ der Fakultät für Wirtschaftswissenschaft in der gültigen Fassung zu entnehmen (veröffentlicht online unter

[http://www.fww.ovgu.de/Studium/Studiendokumente+\\_Formulare/Modulhandb%C3%BCher/Masterstudieng%C3%A4nge.html](http://www.fww.ovgu.de/Studium/Studiendokumente+_Formulare/Modulhandb%C3%BCher/Masterstudieng%C3%A4nge.html)



## 10. Masterarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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> Selbstständige Problembearbeitung mit Abschlussarbeit
<b>Voraussetzung für Teilnahme:</b> 30 CP
<b>Arbeitsaufwand:</b> 20 Wochen
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Masterarbeit mit Kolloquium / 30 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Prüfungsausschussvorsitzende



## 11. Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik, Wahlpflichtmodule

### 11.1. Abwasserreinigung und Abfallbehandlung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Abwasserreinigung und Abfallbehandlung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können: <ul style="list-style-type: none"><li>- Probleme und Rahmenbedingungen der Abwasserreinigung erkennen und analysieren, Abwässer charakterisieren,</li><li>- Grundlagen und Prozesse der mechanischen, biologischen, thermischen, chemischen Abwasserreinigung verstehen, Prozesse und Apparate auslegen,</li><li>- Probleme der Klärschlammbehandlung, adsorptiven Abwasserreinigung, Kühlwasser- und Abwassernutzung darlegen</li><li>- Mechanische, thermische und chemische Prozesse der Abfallbehandlung in ihren Grundsätzen verstehen und anwenden</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Wassergüte</li><li>2. Typische Verfahren der Abwasserreinigung</li><li>3. Mechanische Prozesse der Abwasserreinigung</li><li>4. Biologische Prozesse der Abwasserreinigung</li><li>5. Thermische und chemische Prozesse der Abwasserreinigung</li><li>6. Klärschlammbehandlung</li><li>7. Adsorptive Abwasserreinigung: Vertiefende Betrachtung</li><li>8. Kühlwasser- und Abwassernutzung</li><li>9. Einführung in die Abfallbehandlung</li><li>10. Mechanische Prozesse der Abfallbehandlung</li><li>11. Thermische und Chemische Prozesse der Abfallbehandlung</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mechanische Verfahrenstechnik, Wärme- und Stoffübertragung
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. E. Tsotsas, FVST <b>Lehrende:</b> Prof. E. Tsotsas, Dr. W. Hintz, Prof. H. Köser
<b>Literaturhinweise:</b> Eigene Notizen zum Download; Droste: Theory and practice of water and wastewater treatment (Wiley); Löhrl, Melchiorre, Kettermann: Aufbereitungstechnik (Carl Hanser Verlag).



## 11.2. Allgemeine Elektrotechnik 1

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



### 11.3. Allgemeine Elektrotechnik 2

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



#### 11.4. Angewandtes Energierecht für Ingenieure

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Angewandtes Energierecht für Ingenieure
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>✓ haben ein grundlegendes Verständnis zum aktuellen Energierecht, insbesondere in Bezug auf das Energiewirtschaftliche Dreieck,</li><li>✓ beherrschen Basiskenntnisse zum Verstehen und Anwenden von Rechtsvorschriften auf EU- und Nationalstaatsebene,</li><li>✓ erfassen die politische Umsetzung der Energiemarktliberalisierung und die unterschiedlichen Rechtsebenen von der EU bis zur Kommune,</li><li>✓ haben ein Verständnis zur rechtlichen Grundlage, der Funktionsweise eines liberalisierten Energiemarktes und seiner Akteure, einschließlich Entflechtung und Regulierung der Netzbetreiber,</li><li>✓ erfassen die grundsätzliche politische Zielstellung der Energiewende in Deutschland und deren Umsetzung in das Energierecht, erlernen am Beispiel regenerativer Energien die Grundlagen der Raumordnung, Planung sowie Genehmigung von Energieerzeugungsanlagen.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> Einführung <ul style="list-style-type: none"><li>• Das Energiewirtschaftliche Dreieck</li><li>• Rechtsgrundlagen und Rechtsebenen</li><li>• Klimaschutz und Implikationen auf die Rechtssetzung</li></ul> Energiemarktliberalisierung <ul style="list-style-type: none"><li>• Energiemarktliberalisierung</li><li>• Funktionsweise und Akteure am Energiemarkt</li><li>• Entflechtung und Regulierung der Netzbetreiber</li></ul> Energiewende <ul style="list-style-type: none"><li>• Politische Ziele und Umsetzungsstrategien</li><li>• Implikationen auf das Energierecht (u.a. EEG, EEWärmeG, EnEV)</li></ul> Planung und Genehmigung von Energieerzeugungsanlagen <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen der Raumordnung, Planung und Genehmigung, u.a. BauGB</li><li>• Beispiele: Windenergie an Land und Biomasse</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung: seminaristischer Unterricht, nachträglich bereitgestellte Präsentationsfolien Übungen: äquivalent durch Seminararbeit durchgeführt
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS 24 Std. Präsenz, 30 Std. Seminararbeit, 72 Std. Selbststudium
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Benotete Seminararbeit und schriftliche Prüfung / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. F. Scheffler, FVST

**Lehrender:**

Dr. Martin Stötzer, Lehrbeauftragter an der Hochschule Magdeburg

**Literaturhinweise:**

1. Britz, G.; Hellermann, J.; Hermes, G (Hrsg.): EnWG – Energiewirtschaftsrecht Kommentar, C.H. Beck
2. Ekardt, F; Valentin, F: Das neue Energierecht, Nomos
3. Christian Held, Cornelius Wiesner: Energierecht und Energiewirklichkeit, Energie & Management
4. Gatz, S: Windenergieanlagen in der Verwaltungs- und Gerichtspraxis, vhw
5. Ohms, M.J.: Recht der Erneuerbaren Energien, C.H. Beck
6. Maslaton, M: Rechtliche Rahmenbedingungen der Errichtung und des Betriebs von Biomasseanlagen, Verlag für alternatives Energierecht
7. Schulz, M (Hrsg.): Handbuch Windenergie, Erich Schmidt Verlag





## 11.5. Arbeitssicherheitsmanagement

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Arbeitssicherheitsmanagement
<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 (BImSchG), 12. Verordnung zur Durchführung des BImSchG (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.



## 11.6. Bioseparationen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einleitung: Besonderheiten von biogenen bzw. bioaktiven Stoffen, Anforderungen an entsprechende Trennprozesse</li><li>• Extraktion: Gleichgewichte und deren Manipulation, Auslegung von Extraktionsprozessen</li><li>• Adsorption und Chromatographie: Fluid-Fest-Gleichgewicht, Einfluss des Gleichgewichts auf die Funktion von Trennsäulen</li><li>• Adsorption und Chromatographie: Physikalische Ursachen der Dispersion, Dispersionsmodelle und ihre Auflösung im Zeit bzw. Laplace-Raum, empirische Auslegungsmethoden</li><li>• Fällung und Kristallisation: Flüssig-Fest-Gleichgewicht, Methoden zur Erzeugung von Übersättigung, Wachstum und Aggregation von Einzelpartikeln und Populationen, diskontinuierliche und kontinuierliche Prozessführung</li><li>• Trocknung: Grundlagen der Konvektions- und Kontakt-trocknung sowie der damit verbundenen thermischen Beanspruchung</li><li>• Vakuumkontakt-trocknung, Gefriertrocknung</li></ul>
<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).



## 11.7. Combustion Engineering

**Course:**

Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Combustion Engineering

**Objectives and Competence:**

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.

**Contents:**

- ☐ Phenomenology and Typology of Combustion
- ☐ Thermodynamics of Combustion
- ☐ Chemical kinetics
- ☐ Ignition
- ☐ Laminar flame theory (premixed and non-premixed flame)
- ☐ Turbulent Combustion
- ☐ Pollutant formations
- ☐ Combustion of Liquids and Solids
- ☐ Combustion diagnostics

**Teaching:**

Lectures with tutorials

**Requirement for participation:**

Thermodynamics, Heat Transfer, Fluid Mechanics, Reaction kinetics

**Work load:**

3 SWS

Time of attendance: 42 hours, Autonomous work: 78 hours

**Examination/Credits:**

Written exam 120 min / 5 CP

**Responsibility:**

Prof. Beyrau, FVST.



**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



## 11.8. Control of Toxic Trace Elements

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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; (winter 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



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

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

DE project: Visualization of Process Engineering Applications

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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:

- Anwendungsorientiertes Arbeiten,
- Interdisziplinäre Zusammenarbeit,
- Organisation der Arbeit im Team,
- Zielgerichtetes, zeitoptimiertes und -orientiertes Arbeiten,
- Zusammenfassung des Projektes in Form eines Berichtes,
- Präsentation der Ergebnisse,
- Evaluierung der eigenen Arbeit
- 

**Inhalt**

Die Inhalte können wie folgt aufgeschlüsselt werden:

- Auswahl eines verfahrenstechnischen Prozesses,
- schriftliche Beschreibung des Prozesses und der interessierenden physikalischen, chemischen und technischen Zusammenhänge,
- Aufschlüsselung von Teilprozessen,
- Auswahl der Prozessparameter, Zusammentragung aller erforderlichen Informationen und Daten,
- Erstellung des App-Konzeptes (z.B. reine Visualisierung oder Implementierung von Prozessgleichungen),
- kontinuierliche Unterstützung bei der Implementierung der App,
- Dokumentation der Implementierung,
- Ergebnispräsentation,
- Evaluierung und Funktionsprüfung der App.

**Lehrformen:**

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).

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

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





## 11.10. Drying Technology

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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> PD Dr. A. Kharaghani, FVST



**Literaturhinweise:**

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



## 11.11. Elektrische Netze 1

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Elektrische Netze I: stationäre Netzberechnung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten werden durch den Abschluss des Moduls in die Lage versetzt, die systemischen Zusammenhänge und Verfahren zur statischen Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze zu verstehen bzw. umzusetzen. Sie lernen die dazu notwendigen mathematischen Berechnungsverfahren und die Methoden zur Modellierung elektrischer Betriebsmittel kennen. Der Abschluss des Moduls befähigt die Studenten, die statischen Charakteristika während der Planungsphase und des Betriebs zu verstehen, modellhaft zu beschreiben und zu berechnen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Statische Betriebsmittelmodellierung</li><li>• Statische Netzberechnungsverfahren<ul style="list-style-type: none"><li>○ Modale Komponenten</li><li>○ Topologiebeschreibung elektrischer Netze</li><li>○ Leistungsflussberechnung</li><li>○ Kurzschlussstromberechnung</li><li>○ Netzzustandsschätzung (State Estimation)</li><li>○ Winkelstabilität</li><li>○ Fehlerberechnung</li></ul></li><li>• Netzberechnung mit MATLAB</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagen der elektrischen Energietechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS (2 V, 1 Ü) Selbständiges Arbeiten: Vorlesung nacharbeiten, Übungsaufgaben lösen, Prüfung vorbereiten
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min. / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. M. Wolter, FEIT



## 11.12.Environmental Biotechnology

<b>Course:</b> Selective Module Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Module:</b> Environmental Biotechnology
<b>Objectives:</b> The students have a deeper understanding in microbiological fundamentals. They are able to characterize the industrial processes of the biological waste gas and biogenic waste treatment and the corresponding reactors and plants. They know the fundamentals of the reactor and plant design. They realise the potential of biotechnological processes for the environmental engineering, for more sustainable industrial processes or for the substitution of chemical reactions.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Biological Fundamentals (structure and function of cells, energy metabolism, turnover/degradation of environmental pollutants)</li><li>• Biological Waste Gas Treatment (Biofilters, Bioscrubbers, Trickle Bed Reactors)</li><li>• Biological Treatment of Wastes (Composting, Anaerobic Digestion)</li><li>• Bioremediation of Soil and Groundwater</li><li>• Prospects of Biotechnological Processes – Benefits for the Environment</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures/Presentation, script, company visit
<b>Prerequisites:</b> fundamentals of process engineering
<b>Workload:</b> 2 SWS, Lectures: 28 h (2 SWS), Private studies: 62 h
<b>Examination/Credits:</b> Written (90 min.) / 3 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Dr. D. Benndorf, FVST
<b>Literature:</b> M. Moo-Young, W. A. Anderson, A. M. Chakrabarty (Eds.): Environmental Biotechnology: Principles and Applications; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London 1996, another literature in the lecture



### 11.13.Fluidenergiemaschinen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Fluidenergiemaschinen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Nach der Teilnahme an diesem Modul beherrschen die Studenten das grundsätzliche Funktionsprinzip der Fluidenergiemaschinen (FEM) und kennen die charakteristischen Typen (Pumpen, Verdichter, Gebläse, Ventilatoren, Wasserturbinen, Dampfturbinen, Windturbinen) sowie ihre volkswirtschaftliche Bedeutung und die speziellen Einsatzgebiete. Sie kennen das Betriebsverhalten der FEM und sind in der Lage, die Einsatzmöglichkeiten dieser Maschinen zu beurteilen und sie selbständig auszuwählen. Durch Rechenbeispiele in der Übung beherrschen sie insbesondere das Zusammenspiel einer Pumpe und einer Dampfturbine mit der jeweiligen Anlage.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aufgabe von Fluidenergiemaschinen, Einteilung der Fluidenergiemaschinen nach verschiedenen Kriterien</li><li>• Strömungstechnische und thermodynamische Grundlagen zur Beschreibung der Funktion von Fluidenergiemaschinen</li><li>• Änderung der Arbeitsfähigkeit des Fluids beim Durchströmen einer Fluidarbeitsmaschine und einer Fluidkraftmaschine, Energieflussdiagramm, Verluste, Wirkungsgrade</li><li>• Energieübertragung im Laufrad einer Fluidenergiemaschine, Ähnlichkeitsgesetze, Kennzahlen</li><li>• Aufbau, konstruktive Merkmale und Einsatzgebiete sowie Betriebsverhalten von Fluidarbeitsmaschinen (Pumpen, Verdichter, Gebläse, Ventilator), Grenzleistungsbedingungen</li><li>• Aufbau, konstruktive Merkmale und Einsatzgebiete sowie Betriebsverhalten von Fluidkraftmaschinen (Wasser-, Dampf-, Windturbinen), Grenzleistungsbedingungen</li><li>• Zusammenwirken von Fluidenergiemaschinen mit Anlagen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> V.: 2 SWS; Ü.: 1 SWS
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Strömungstechnik, Thermodynamik, Konstruktionslehre
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. St. Hoerner, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> siehe: <a href="http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher_FEM.pdf">http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher_FEM.pdf</a>



#### 11.14. Fuel cells

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Fuel Cells

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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

**Inhalt:**

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

**Lehrformen:**

Lecture and tutorial

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

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

**Arbeitsaufwand:**

30h time of attendance (one-week full-time block seminar), 10h outside classes  
presence: 42 hours (3 SWS), private studies: 78 h (lit. survey)

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Written exam 60 min / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. T. Vidakovic-Koch, MPI Magdeburg



**Literature:**

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



## 11.15.Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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.

**Inhalt**

**1. Thermische Energie** 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  
**2. Elektrische Energie** 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  
**3. Chemische Energie** Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung  
Adam- und Eva-Prozess  
**4. Druckluft** Speicherorte und Potentiale  
Funktionsweise  
**5. Schwungräder** Langsame, schnelle, Potentiale, Wirkprinzip  
**6. Sonstiges** z.B. Pumpspeicherwerke

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übungen

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Keine

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS,  
(2 VL, 1 Ü), Selbststudium 78 h

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Klausur 90 min / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. F. Scheffler, FVST

**Literaturhinweise:**

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





## 11.16. Integrierte innovative Reaktorkonzepte

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Integrierte innovative Reaktorkonzepte

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden

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

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

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

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

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

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

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

**Lehrformen:**

Vorlesung / Seminare

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Reaktionstechnik I

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Ch. Hamel, FVST

**Empfehlung für begleitende Literatur:**

- U. Onken, A. Behr, Chemische Prozesskunde, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1996
- Winnacker-Küchler. Hrsg. von Roland Dittmeyer, Chemische Technik: Prozesse und Produkte, Weinheim, Wiley-VCH, 2005
- 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



## 11.17. Kältetechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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, Kaltdampfprozess, 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> <p>:</p>
<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



## 11.18. Mechanische Trennprozesse

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Mechanische Trennprozesse (Aussetzung bis auf Weiteres)

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studenten

- kennen Quellen und Aufkommen von Wasser und Abwasser und deren Inhaltsstoffe (*Stoffanalyse*),
- analysieren die resultierenden verfahrenstechnischen, energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Probleme und Ziele der Trinkwasser-, Brauchwasser- und Abwasseraufbereitung unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen,
- verstehen und beherrschen die Grundlagen und die Problemanalyse der Fest-Flüssig-Trennung (*Prozess-Diagnose*),
- können in Grundzügen die Aufbereitungsprozesse, Maschinen und Apparate funktionell auslegen (*Prozessgestaltung*),
- entwickeln Problemlösungen durch kluge Kombination energetisch effizienter, mechanischer Prozesse der Fest-Flüssig-Trennung (Einheit von *Verfahrens- und Anlagengestaltung*) zwecks Erzeugung hochwertiger Produkte (*Produktgestaltung*).

**Inhalt**

- **Einführung in die mechanische Flüssigkeitsabtrennung**, Prinzipien der Trinkwasserversorgung, Aufkommen und Inhaltsstoffe, gesetzliche Rahmenbedingungen
- **Grundlagen und Mikroprozesse**, Partikelbewegung im Fluid, Durchströmung von Partikelschichten, turbulente Transportvorgänge, Trennmodelle
- **Sedimentation**, Auslegung des Sedimentationsprozesses, Flockung und Dispergieren, Sedimentationsapparate (Rundeindicker, Rechteckbecken), Zentrifugalkrafteindicker und. -klärer (Zyklone, Zentrifugen),
- **Schwimm-Sink-Trennung**, Grundlagen und Auslegung der Leichtstofftrennung, Leichtstoffabscheider, Flotation,
- **Filtration**, Kuchenfiltration, Grundlagen, Apparate (Schwerkraftfilter, Saug- und Druckfilter, Filterzentrifuge), Pressfiltration, Tiefenfiltration, Grundlagen, Apparate,
- **Querstrom- und Membranfiltration**, Grundlagen, Apparate, Mikro- u. Ultrafiltration, Umkehrosmose,
- **Elektrophorese und Elektroosmose**

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übungen mit studentischen Vorträgen, praktische Übungen (Sedimentation, Zentrifugation, Kuchenfiltration, Pressfiltration, Querstromfiltration)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mechanische Verfahrenstechnik, Strömungsmechanik

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP



**Modulverantwortlicher:**

N. N.

**Literaturhinweise:**

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

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



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

**Studiengang:**

Wahlpflichtfach Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Modellierung und Simulation der biologischen Prozesse in Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen

**Ziele:**

Ziel des Moduls ist der Erwerb von Kompetenzen zur Methode der dynamischen Simulation als ingenieurtechnisches Instrumentarium für die Planung von abwasser-technischen Anlagen und Biogasanlagen. Als Grundlage der Simulation von biologischen Kläranlagen und Biogasanlagen werden Kenntnisse zu Modellen der biologisch-chemischen Umwandlungsprozesse und zu ergänzenden Modellen (z. B. Sedimentationsmodelle) vermittelt. Dabei wird auf die grundlegenden Methoden der Modellerstellung über theoretische Prozessanalysen und teilweise auch auf Ansätze zur experimentellen Prozessidentifikation und experimentellen Bestimmung der erforderlichen Eingangsdaten eingegangen. Das Modul zielt auf ein fundiertes Verständnis der Standard-Belebtschlammmodelle (z. B. ASM3 – Activated Sludge Model No. 3) und Standard-Modelle für die anaerobe Vergärung/Biogaserzeugung (z. B. ADM 1 – Anaerobic Digestion Model No. 1). Die Methodik zur Durchführung von Simulationsstudien wird vermittelt und am Beispiel eines konkreten Simulationssystems demonstriert. Die Anwendungsmöglichkeiten der Simulation zur Auslegung von Anlagen und Unterstützung sowie Optimierung der Prozessführung werden diskutiert.

**Inhalt:**

- Einführung in das Modul mit: Struktur des Moduls, organisatorische Fragen, inhaltliche Abgrenzung, Beschreibung der Anwendungsfelder der Simulation anhand von Beispielen, Kompetenzvermittlung zu Grundlagen der Modellierung, zu Stoffbilanzen, Erhaltungssätzen, Reaktortypen (CSTR, PFR, SBR).
- Kompetenzvermittlung zur Modellierung mikrobiologischer Prozesse mit den Schwerpunkten: Ernährungstypen, Kinetik, Stöchiometrie, Vorstellung der Belebtschlammmodelle (ASM-Modelle).
- Vermittlung von Kenntnissen zu Stoffgruppen und Prozessen zur Beschreibung der Stickstoff- und Kohlenstoffelimination sowie zu Stoffgruppen und Prozessen zur Beschreibung der biologischen und chemischen Phosphorelimination.
- Vermittlung von Kenntnissen zum vierstufigen Prozess der anaeroben Vergärung/Biogaserzeugung, Unterschied zwischen Faulturm (Klärschlammvergärung) und Biogasanlage, Vorstellung der verschiedenen Betriebsweisen und Bauformen von Biogasanlagen.
- Vermittlung von Kenntnissen zur Charakterisierung der für die Biogaserzeugung verwendeten komplexen Substrate (Weender Analyse und Erweiterung nach Van Soest) und zur Implementierung dieser Daten in das Simulationsprogramm.
- Kompetenzvermittlung zur Modellierung der vierstufigen anaeroben Vergärung, Vorstellung der Faulungsmodelle von Siegrist, Vorstellung des Modells ADM1 und der davon abgeleiteten Varianten/Erweiterungen.
- Vorstellung eines allgemeinen Simulationssystems (MATLAB/SIMULINK/SIMBA bzw. SIMBA#); Vermittlung von Kompetenzen zu Modellaufbau (Auswahl und Verschaltung von Simulationsblöcken), Zulaufmodellierung und Datenaufbereitung, Modellkalibrierung und Modellverifikation.
- Anwendung der Simulation: Demonstration der verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Simulation an ausgewählten Beispielen für die Bereiche Abwasserreinigung und Biogaserzeugung.

**Lehrformen:**

Vorlesung (1 SWS) als Blockveranstaltung, ggf. mit begleitender Übung (als Simulationspraktikum im Ifak)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

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

**Arbeitsaufwand:**

2 SWS

Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 3 CP

**Modulverantwortlicher:****Lehrende:**

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

**Literaturhinweise:**

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

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



## 11.20. Product quality in the chemical industry

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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





## 11.21. Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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, Freisetzungsscharakteristiken, 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>Modulverantwortliche:</b> Prof. E. Tsotsas / Dr. A. Kharaghani, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Eigene Notizen zum Download.



## 11.22. Projektarbeit Verfahrensplanung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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



### 11.23. Projektseminar Nachhaltigkeit

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



## 11.24. Regenerative Elektroenergiequellen – Systembetrachtung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Regenerative Elektroenergiequellen - Systembetrachtung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verfügen am Ende des Moduls über Kenntnisse zur elektrischen Energieerzeugung aus regenerativen Quellen und zur Integration der regenerativen Elektroenergiequellen in das gesamte Energiesystem. Die Studierenden sind mit Beendigung des Moduls in der Lage, die qualitativen und quantitativen Auswirkungen der aus verschiedenen erneuerbaren Quellen erzeugten elektrischen Energie auf das Energieversorgungssystem zu erkennen und zu bewerten. Sie lernen die Nutzungsmöglichkeiten der regenerativ verfügbaren Energiepotentiale kennen und können Probleme der verstärkten Netzintegration durch Betrachtung des Gesamtsystems unter Einbeziehung von Energiespeichern und Brennstoffzellen nachvollziehen und beeinflussen. Dies trägt zum Verständnis für so genannte „Smart-Grids“ bei.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Einführung, Energiebegriffe, Elektrische Energiesysteme, Smart Grid</li><li>▪ Grundlagen des regenerativen Energieangebots, Energiebilanz</li><li>▪ Photovoltaische Stromerzeugung</li><li>▪ Stromerzeugung aus Wind</li><li>▪ Stromerzeugung aus Wasserkraft</li><li>▪ Brennstoffzellen</li><li>▪ Elektrische Energiespeicher</li><li>▪ Netzintegration regenerativer Erzeuger</li><li>▪ Netzbetrieb lokaler Energieerzeuger</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (V), Übung (Ü) im Wintersemester
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: wöchentliche Vorlesungen 2 SWS, zweiwöchentliche Übungen 1 SWS selbständiges Arbeiten: Vorlesung nacharbeiten, Übungsaufgaben lösen, Prüfung vorbereiten
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min. / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. M. Wolter, FEIT



### 11.25. Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Überblick über Energiemix, Energieverbrauch, Herkunft von Primärenergie,</li><li>– grundlegende Begriffe; Aufbau von Energie wandelnden Systemen; Einsparpotentiale</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Arten von Energiequellen, Definitionen, insbesondere Solarthermie,</li><li>– Konzentration von Solarstrahlung,</li><li>– Planetenenergie,</li><li>– Geothermie,</li><li>– Biomasse,</li><li>– Solarchemie,</li><li>– Kraft-Wärme-Kopplung von RE-Generatoren</li><li>– Anlagenauslegung anhand von ausgewählten Beispielen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> naturwissenschaftliche oder ingenieurtechnische Grundlagenvorlesungen; ggf. erweitert durch Anpassungsveranstaltungen gemäß Studiengangsbeschreibung
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, 120 h (42 h Präsenzzeit VL+ 78 selbständige Arbeit, + Vor- und Nachbereitung)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. M. Scheffler, FMB
<b>Literaturhinweise:</b> werden in der Einführungsveranstaltung bekanntgegeben



## 11.26.Simulation mechanischer Prozesse

### Studiengang:

Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen Verfahrens- und Energietechnik

### Modul:

Simulation mechanischer Prozesse (MVT II)

### Ziele des Moduls (Kompetenzen):

Die Studenten

- vervollkommen und festigen ihr physikalisches Grundverständnis wesentlicher dynamischer Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik und Partikeltechnik
- können sicher mit den statistisch verteilten Stoffeigenschaften disperser Partikelsysteme (*Stoffanalyse*) umgehen, siehe Inhalt 1., um die Produktqualität zu verbessern (*Produktgestaltung*),
- analysieren gründlich die Probleme und definieren die Ziele der stochastischen und dynamischen Stoffwandlungsprozesse disperser Stoffsysteme (*Prozess-Diagnose*) und arbeiten optimale Problemlösungen aus (Prozessgestaltung)
- entwickeln und festigen ihre Kompetenzen und Fertigkeiten bei der Entwicklung, Gestaltung, **multiskalige Modellierung** und **Simulation** sowie der verfahrenstechnischen, energetischen, ökologischen und ökonomischen Bewertung gekoppelter, stochastischer, instationärer, dynamischer, mechanischer Prozesse (*Verfahrensgestaltung*),
- können wesentliche mechanische Prozesse gestalten und die betreffenden Maschinen funktionell auslegen, siehe Inhaltsangabe 2. bis 8.

### Inhalt:

1. Festigung des Wissensstandes bezüglich Kennzeichnung **disperser Stoffsysteme**, neue physikalische Partikelmessmethoden der Granulometrie, Methoden der Porosimetrie
2. Festigung des Wissensstandes bezüglich **Partikelherstellung** durch **Zerkleinerung**, 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
- 3.1 Festigung des Wissensstandes bezüglich **Trennung** von **Partikeln**, Bilanzierung der Kinetik mechanischer Trennprozesse, Trennfunktion und Trennschärfe als stochastische Schwankungsgrößen des Prozesserfolges
- 3.2 Kinetik und eindimensionale Partikeldynamik der **Siebklassierung**, energetische Bewertung des Prozesserfolges, Konsequenzen für die funktionelle Maschinenauslegung
- 4.1 Simulationen der **Stromklassierung**, **mikroskopisch** 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,
- 4.2 Kennzeichnung der **Dynamik** turbulenter Strömungen, turbulente Partikeldiffusion, eindimensionale Fokker-Planck-Gleichung des konvektiven (gerichteten) und diffusiven (zufälligen) Partikeltransportes im **makroskopischen** Kontinuum, Bilanzmodelle der turbulenten Gegen- und Querstromklassierung der Partikel in Wasser und Luft,
- 4.3 Modellierung der mehrstufigen turbulenten Querstrom-Trennprozesse und -apparate, energetische Bewertung des Prozesserfolges
5. Modellierung und Simulation der Kombination und Verschaltung makroskopischer Zerkleinerungs- und Klassierprozesse, energetische Bewertung der Prozesserfolge
- 6.1 Kurze Einführung in die **Diskrete-Elemente-Methode**, konventionelles Feder-Dämpfer-Kontaktmodell, mikromechanisches Kraft-Weg-Modell elastisch-plastischer viskoser Kontakte adhäsiver feiner Partikel,
- 6.2 Problemlösungen für die **Pulverdosierung**, Fluktuationen beim Ausfließen kohäsiver feiner Pulver aus Containern, Modellierung und Simulation des beginnenden (beschleunigten) Ausfließens kohäsiver Pulver
7. **Partikelformulierung** durch Pressagglomeration, Kompressibilität und Kompaktierbarkeit kohäsiver Partikelpackungen, zweidimensionale Spannungsverteilung und dynamische Fließzustände im Walzenspalt, Auslegung von Walzenpressen



<b>8. Beschichtung</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> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweis / Mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> JP F. Denner, FVST
<b>Skript/Literatur:</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





## 11.27. Systemverfahrenstechnik

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Systemverfahrenstechnik

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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 Lösungsalgorithmen 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.

**Inhalt:**

- 1) Thermodynamisch-mechanischer Zustand von Fluiden
- 2) Allgemeine Bilanzgleichungen für Kontinua
- 3) Konstitutive Gleichungen und Transportparameter
- 4) Thermodynamik der Gemische
- 5) Numerische Methoden zur Lösung partieller Differentialgleichungen
- 6) Simulationsmethoden für örtlich verteilte Prozesse
- 7) Modellierung mehrphasiger Prozesse
- 8) Methoden und Ansätze der Modellreduktion

**Lehrformen:**

2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übung; (SS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Simulationstechnik, Prozessdynamik I

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Schriftliche Prüfung (K120) / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. K. Sundmacher, FVST



**Literaturhinweise:**

- [1] M. Jischa, Konvektiver Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch, Vieweg, 1982.
- [2] B. Bird, et al., *Transport Phenomena*, Wiley, 2002.
- [3] R.C. Reid, et al., *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw-Hill, 1987.
- [4] S. I. Sandler, *Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics*, Wiley, 2006.
- [5] S.V. Patankar, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, McGraw-Hill, 1980.
- [6] A. Varma et al., *Mathematical Methods in Chemical Engineering*, Oxford U. Press, 1997.



### 11.28. Technische Logistik

Die aktuelle Modulbeschreibung entnehmen Sie bitte dem Modulhandbuch des Bachelorstudienganges Wirtschaftsingenieur Maschinenbau



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

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Transport phenomena in granular, particulate and porous media
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> The students master the fundamentals of transport phenomena in granular, particulate and porous media. On this basis, they can design respective products and processes that use or transform particulate materials in chemical, environmental or energy engineering applications. They can develop appropriate equipment for such processes, combining mathematical models with reasonably selected experiments for the purpose of scale-up.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Transport phenomena between single particles and a fluid</li><li>2. 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>3. Mechanisms of heat transfer through gas-filled gaps</li><li>4. Thermal conductivity of fixed beds without flow Axial and lateral heat and mass transfer in fixed beds with fluid flow</li><li>5. Heat transfer from heating surfaces to static or agitated bulk materials</li><li>6. Contact drying in vacuum and in presence of inert gas</li><li>7. Heat transfer between fluidized beds and immersed heating elements</li><li>8.</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Lecture, Tutorial
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. E. Tsotsas, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Own notes for Download.



### 11.30. Trocknungstechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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



### 11.33. Umweltchemie

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik

**Modul:**

Umweltchemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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

**Inhalt**

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



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

**Lehrformen:**  
Vorlesung

**Voraussetzung für die Teilnahme:**  
Grundlegende Kenntnisse in Anorganischer und Organischer Chemie



**Arbeitsaufwand:**

3 SWS,  
Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium+Prüfungsvorbereitung: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. M. Schwidder, FVST

**Literaturhinweise:**



### 11.34. Wasser- und Flusskraftwerke

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<b>Modul:</b> Wasser- und Flusskraftwerke
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Teilnehmer der Lehrveranstaltung lernen Aufbau, Funktion und energiewirtschaftliche Einordnung von Wasser- und Flusskraftwerken kennen. Sie erhalten einen Überblick über die Geschichte und heutige Nutzung von Wasserkraft, sowie die energiewirtschaftlichen und gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Wasserkraft in Deutschland und weltweit. Der technische Teil behandelt die physikalisch-technischen Grundlagen der Wasserkraftnutzung, den Aufbau von Laufwasser- und Speicherkraftwerken, sowie die Prinzipien der Nutzung der Meeres- und Flussenergien. Darüber hinaus wird ein aktueller Überblick über Innovationen und internationale Entwicklungen im Bereich der Wasser- und Gezeitenkraftnutzung gegeben.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einleitung, Historie und Aufbau von Wasser- und Flusskraftwerken (WKA)</li><li>• Ausgeführte Turbinen / Strömungswandler in WKA</li><li>• Bauelemente von Wasser- und Flusskraftanlagen</li><li>• Hydrodynamische, energetische, physikalische Grundlagen</li><li>• Energiearten (Prantl), Energieumwandlungen in WKA</li><li>• Typen von konventionellen Wasserkraftwerken</li><li>• Laufwasser- und Speicherkraftwerke</li><li>• Alternative Wasserkraftwerke</li><li>• Gezeitenkraftwerke</li><li>• Gesetzliche Rahmenbedingungen für WKA</li><li>• Praktische Beispiele von WKA</li><li>• Innovationen und Entwicklungen im Bereich von Wasser- und Flusskraftwerken</li><li>• Steuerung und Regelung von Wasser- und Flusskraftwerken</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminararbeit mit Vortrag
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (28 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung) + 50 h Seminararbeit + 72 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> -/ mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST <b>Lehrender:</b> Dipl.-Ing. M. Spiewack, ZPVP -Zentrum für Produkt-, Verfahrens- und Prozessinnovation GmbH, Experimentelle Fabrik Magdeburg



### 11.35. Waste Water and Sludge Treatment

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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> lecture (presentation of slides, additional information on blackboard) and tutorial (exercise on board)
<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> Dr.-Ing. D. Müller, 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;



### 11.36. Wirbelschichttechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Wirtschaftsingenieurwesen für Verfahrens- und Energietechnik
<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:**

Literatur: 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.