

**Modulhandbuch für den**

**Studiengang**

**Umwelt- und Energieprozesstechnik**



## Inhaltsverzeichnis

1	Konzept unserer verfahrenstechnischen Ausbildung .....	4
1.1.	Verfahrenstechnik als Ingenieurdisziplin .....	4
1.2.	Das Studienkonzept .....	4
2.	Beschreibung der Ziele des Studienganges .....	4
2.1.	Ziele der verfahrenstechnischen Ausbildung .....	4
2.2.	Ziele des Bachelorstudienganges Umwelt- und Energieprozesstechnik .....	5
2.3.	Ziele des Masterstudienganges Umwelt- und Energieprozesstechnik .....	6
3.	Bachelorstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Pflichtmodule .....	7
3.1.	Mathematik 1 für Ingenieure (Stg A) .....	7
3.2.	Mathematik 2 für Ingenieure (Stg A) .....	8
3.3.	Stochastik .....	9
3.4.	Simulationstechnik .....	10
3.5.	Physik .....	11
3.6.	Anorganische Chemie .....	12
3.7.	Organische Chemie .....	14
3.8.	Physikalische Chemie .....	15
3.9.	Technische Mechanik .....	17
3.10.	Konstruktionselemente I .....	18
3.11.	Konstruktionselemente II und Apparatetechnik als Blockveranstaltung .....	19
3.12.	Werkstofftechnik .....	20
3.13.	Allgemeine Elektrotechnik 1 .....	22
3.14.	Allgemeine Elektrotechnik 2 .....	23
3.15.	Technische Thermodynamik .....	24
3.16.	Strömungsmechanik .....	26
3.17.	Regelungstechnik .....	27
3.18.	Messtechnik .....	28
3.19.	Prozessdynamik I .....	29
3.20.	Wärme- und Stoffübertragung .....	30
3.21.	Mechanische Verfahrenstechnik .....	31
3.22.	Apparatetechnik .....	33
3.23.	Thermische Verfahrenstechnik .....	35
3.24.	Wärmeanlagen .....	37
3.25.	Umwelttechnik und Luftreinhaltung .....	39
3.26.	Abwasserreinigung und Abfallbehandlung .....	40
3.27.	Praktikum Umwelt/Energie .....	41
3.28.	Verfahrenstechnische Projektarbeit .....	42
3.29.	Nichttechnische Fächer .....	43
3.30.	Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag .....	44
3.31.	Bachelorarbeit .....	46
4.	Bachelorstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Wahlpflichtmodule/Kernfächer Energietechnik .....	47
4.1.	Fluidenergiemaschinen .....	47
4.2.	Fuel Cells .....	49
4.3.	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung .....	51
4.4.	Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe .....	52
4.5.	Combustion Engineering .....	53
5.	Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Pflichtmodule .....	55
5.1.	Thermische Prozesstechnik .....	55
5.2.	Nichttechnische Fächer .....	56
5.3.	Masterarbeit .....	57
6.	Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Kernfächer Umwelttechnik .....	58
6.1.	Aufbereitungstechnik und Recycling .....	58
6.2.	Umweltchemie .....	60
6.3.	Environmental Biotechnology .....	63
6.4.	Transport phenomena in granular, particulate and porous media .....	64



6.5.	Waste Water and Sludge Treatment.....	65
7	Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Kernfächer Energietechnik .....	66
7.1.	Combustion Engineering.....	66
7.2.	Fluidenergiemaschinen .....	68
7.3.	Fuel Cells .....	69
7.4.	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung.....	71
7.5.	Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe.....	73
8	Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Wahlpflichtmodule .....	74
8.1.	Adsorption und heterogene Katalyse.....	74
8.2.	Advanced Process Systems Engineering.....	76
8.3.	Analysis and Design of Experiments .....	77
8.4.	Angewandtes Energierecht für Ingenieure.....	78
8.5.	Arbeits- und Gesundheitsschutz .....	80
8.6.	Sustainability Assessment (LCA) for Biofuels.....	82
8.7.	Chemische Prozesskunde .....	84
8.8.	Combustion Engineering.....	86
8.9.	Computational Fluid Dynamics .....	88
8.10.	Control of Toxic Trace Elements.....	90
8.11.	Digital Engineering of Process Engineering Applications .....	91
8.12.	Dispersion of Hazardous Materials .....	93
8.13.	Drying Technology .....	94
8.14.	Dynamik komplexer Strömungen.....	96
8.15.	Einsatz von Mikrowellen und Ultraschall in der Verfahrens- und Umwelttechnik.....	97
8.16.	Environmental Biotechnology .....	99
8.17.	Fluidenergiemaschinen.....	100
8.18.	Fuel Cells .....	102
8.19.	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung.....	104
8.20.	Integrierte innovative Reaktorkonzepte .....	106
8.21.	Kältetechnik.....	108
8.22.	Mechanische Trennprozesse .....	109
8.23.	Modellierung und Simulation der biologischen Prozesse in Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen.....	111
8.24.	Moderne Analysenmethoden / Instrumentelle Analyse .....	113
8.25.	Numerik für Ingenieure.....	114
8.26.	Numerische Strömungsmechanik .....	115
8.27.	Physikalische Chemie II .....	117
8.28.	Präparationsprinzipien poröser Materialien .....	119
8.29.	Projektarbeit Verfahrensplanung .....	120
8.30.	Projektseminar Nachhaltigkeit .....	122
8.31.	Prozessoptimierung .....	123
8.32.	Prozesssimulation (mit ASPEN) .....	125
8.33.	Prozess- und Anlagensicherheit .....	126
8.34.	Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen (Reaktionstechnik II).....	128
8.35.	Regenerative Elektroenergiequellen – Systembetrachtung.....	130
8.36.	Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe.....	131
8.37.	Simulation mechanischer Prozesse.....	132
8.38.	Systemverfahrenstechnik.....	134
8.39.	Technische Kristallisation.....	136
8.40.	Thermal Power Plants.....	138
8.41.	Thermoelektrik .....	139
8.42.	Toxikologie / Gefahrstoffe .....	140
8.43.	Transport phenomena in granular, particulate and porous media.....	141
8.44.	Trocknungstechnik .....	142
8.45.	Umweltchemie.....	144
8.46.	Wastewater and sludge treatment (WWST) .....	147
8.47.	Wirbelschichttechnik .....	148



# 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 „Umwelt- und Energieprozesstechnik“ 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 Ingenieurausbildung 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 die Wandlung biologischer Systeme untersucht, um von den in der Natur entwickelten effizienten Prozessen des Signalfusses und der Signalverarbeitung lernen zu können.

# 2. Beschreibung der Ziele des Studienganges

## 2.1. Ziele der verfahrenstechnischen Ausbildung

Die Umwelt- und Energieprozesstechnik bestimmt heute wesentlich den technischen Standard und die Lebensqualität einer Industrie- und Informationsgesellschaft. Die Aufgaben des Umwelt- und Energieprozesstechnikers umfassen die Reinigung von Wasser, Boden und Luft, das Wertstoffrecycling, d.h. die stoffliche Nutzung von Abfällen und Reststoffen und die Weiterentwicklung von regenerativen Energiequellen sowie eine effiziente Energienutzung. Das Studium basiert auf den Grundlagen der Naturwissenschaften und Mathematik. Diese werden angewendet, um mit Hilfe einer Kombination aus experimentellen Techniken mit modernen Methoden der Modellierung, Simulation und Prozessführung die industrielle Umwelttechnik und die Energieversorgung nachhaltig zu gestalten.



### Mögliche Berufs- und Einsatzfelder:

Sehr gute Berufsaussichten bestehen in

- allen Industriezweigen, die Umweltauflagen erfüllen müssen,
- der weltweit tätigen deutschen Umwelttechnikindustrie, die Apparate, Maschinen und Anlagen (Verfahren) liefert,
- der Energiewirtschaft, einschließlich des sehr schnell wachsenden Bereichs der regenerativen Energien,
- einschlägigen Forschungsinstituten und Behörden.

### Voraussetzungen für das Studium

Solide Schulkenntnisse in Naturwissenschaften und Mathematik sowie ein technisches Grundverständnis; Interesse und Spaß an technisch-naturwissenschaftlichen Fragestellungen und an der Umsetzung physikalisch-chemischer Grundlagen in die Praxis.

Der Studiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik ist konsekutiv aufgebaut: nach dem berufsqualifizierenden Bachelorabschluss wird ein fortführendes Masterstudium angeboten.

### 2.2. Ziele des Bachelorstudienganges Umwelt- und Energieprozesstechnik

Der Studiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik ist modular aufgebaut. In der Regelstudienzeit von 7 Semestern sind 210 Creditpoints zu erwerben. Im Bachelorstudiengang werden die Grundlagen in den wesentlichen ingenieurwissenschaftlichen und technischen Fächern über einen vergleichsweise hohen Anteil an Pflichtveranstaltungen vermittelt. Engagierte Professoren und Dozenten, ein gutes Betreuungsverhältnis, Praktika in modernen Laboren und enge Kontakte zur Industrie bieten dabei optimale Voraussetzungen für ein erfolgreiches Studium.

Die Absolventen erwerben einen ersten berufsqualifizierenden Abschluss und sind befähigt, *etablierte Methoden* aus der Umwelt- und Energieprozesstechnik zur Problemlösung anzuwenden. Der Studiengang bereitet die Studenten insbesondere vor, im Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik einen zweiten berufs- und forschungsqualifizierenden Abschluss mit dem akademischen Grad „Master of Science“ zu erlangen.

### Bachelor (7 Semester)

Naturwissenschaftliche Grundlagen	Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen	Ingenieurtechnische Fächer	Fachpraktika
Mathematik	Mechanik	Verfahrenstechnik	Industriepraktikum
Physik	Strömungen	Luftreinhaltung	Bachelorarbeit



Anorg. Chemie	Thermodynamik	Abwasserreinigung	
Org. Chemie	Werkstoffe	Energietechnik	
Physik, Chemie	Regelung	Wärmekraftanlagen	
	Simulationen		

### 2.3. Ziele des Masterstudienganges Umwelt- und Energieprozesstechnik

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 selbständig ein anspruchsvolles wissenschaftliches Forschungsprojekt. Dabei erwerben sie in der Regelstudienzeit von 3 Semestern 90 Creditpoints.

Die Absolventen des Masterstudienganges erwerben die Kompetenz, Probleme der stofflich orientierten Umwelt- und Energieprozesstechnik zu erkennen und mit *neuen methodischen Werkzeugen* zu lösen. Die Absolventen können stoffliche Produkte, Prozesse (Apparate, Maschinen), Verfahren (Anlagen) der Umwelt- und Energieprozesstechnik eigenverantwortlich entwickeln sowie stoffwirtschaftliche Betriebe planen, gestalten und technisch bewerten. Damit treten sie in die Tradition des früheren, weltweit angesehenen Diplomingenieurs und sind gefragte Experten.

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

#### Master (3 Semester)

<b>Vertiefung</b> Umwelttechnik Regenerative Energien Brennstoffzellen	<b>Masterarbeit</b>
<b>Technische und nichttechnische Wahlpflichtfächer</b>	



### 3. Bachelorstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Pflichtmodule

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

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



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

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





### 3.3. Stochastik

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



### 3.4. Simulationstechnik

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



### 3.5. Physik

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



### 3.6. Anorganische Chemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Anorganische Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Ausgehend von grundlegenden Gesetzmäßigkeiten des Atombaus und der Anordnung der Elemente im Periodensystem können die Studierenden Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Allgemeinen und Anorganischen Chemie im Zusammenhang betrachten und auf die Eigenschaften und das Reaktionsverhalten der Elemente und Verbindungen übertragen.  Die Übungen dienen der Festigung des Vorlesungsstoffes und führen zu einem sicheren Umgang der Studierenden mit mathematisch fassbaren Inhalten z. B. aus den Bereichen der Stöchiometrie und der chemischen Gleichgewichte.  Im Praktikum erwerben die Studierenden Kompetenzen im sicheren Umgang mit Gefahrstoffen und können ihr theoretisches Wissen zur Chemie wässriger Lösungen anhand einfacher Nachweisreaktionen auf die Laborpraxis übertragen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Aufbau der Materie, Atombau, Kernreaktionen, Radioaktivität Bohrsches Atommodell, Quantenzahlen, Orbitale (s, p, d), Pauli-Prinzip, Hund'sche Regel, Struktur der Elektronenhülle Mehrelektronensysteme, Periodensystem der Elemente Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität, Ionenbindung Atombindung (kovalente Bindung), Lewis-Formeln, Oktettregel, dative Bindung, Valenzbindungstheorie (VB), Hybridisierung, <math>\sigma</math>-Bindung, <math>\pi</math>-Bindung, Mesomerie</li><li>2. Molekülorbitaltheorie (MO-Theorie), Dipole, Elektronegativität, VSEPR-Modell, Van der Waals-Kräfte, , Ideale Gase, Zustandsdiagramme Thermodynamik chemischer Reaktionen, Reaktionsenthalpie, Standardbildungsenthalpie, Satz von Heß, Chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Entropie, Geschwindigkeit chemischer Reaktionen (1. Ordnung), Arrhenius Gleichung, Katalyse (homogen, heterogen), Ammoniaksynthese, Synthese von Schwefeltrioxid</li><li>3. Lösungen, Elektrolyte, Löslichkeitsprodukt, Säure-Base Theorie (Arrhenius) (Bronsted), pH-Wert, Oxidationszahlen, Oxidation, Reduktion, Redoxvorgänge - Wasserstoff (Vorkommen, Eigenschaften, Darstellung) Wasserstoffverbindungen - Edelgase (Vorkommen, Eigenschaften, Verwendung) Edelgasverbindungen - Halogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Verbindungen der Halogene, Chalkogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Verbindungen der Chalkogene</li><li>4. Sauerstoffverbindungen, Oxide, Hyperoxide, Gewinnung von Schwefel (Frasch Verfahren) Schwefelverbindungen, Schwefelsäureherstellung (techn.)</li><li>5. Elemente der 5. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Stickstoff-Wasserstoffverbindungen, Ammoniaksynthese, Stickoxide, Salpetersäureherstellung Elemente der 4. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Carbide, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Carbonate, Siliziumdioxid, Herstellung von Reinstsilizium, Silikate, Gläser</li><li>6. Elemente der 3. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung)</li><li>7. Elemente der 2. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Elemente der 1. Hauptgruppe (außer Wasserstoff) (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung)</li></ol> Praktikum: Einführung in grundlegende Labortechnik anhand von Ionenreaktionen in wässriger Lösung sowie der qualitativen und quantitativen Analyse.



<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit 56 Stunden, Selbststudium: 124 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / Praktikumsschein / 6 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. V. Lorenz, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Erwin Riedel: Allgemeine und Anorganische Chemie (de Gruyter Studium)



### 3.7. Organische Chemie

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



### 3.8. Physikalische Chemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Physikalische Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Ziel des Moduls ist, die Studierenden zu befähigen, mit Grundbegriffen, wichtigen Gesetzmäßigkeiten und Messmethoden der Physikalischen Chemie sicher umgehen zu können. Die Studierenden erwerben Basiskompetenzen in den Bereichen (chemische) Thermodynamik, Kinetik und Elektrochemie, da vor allem makroskopische, weniger mikroskopische Zusammenhänge betrachtet werden.  In der Übung wird das Lösen physikalisch-chemischer Probleme anhand ausgewählter Rechenbeispiele trainiert.  Im Praktikum wird das theoretische Wissen angewendet und auf das Messen von physikalisch-chemischen Größen übertragen. Trainiert werden sowohl die Beobachtungsgabe und kritische Messwerterfassung als auch eine fundierte Darstellung der Ergebnisse im zu erstellenden Protokoll.
<b>Inhalt</b> <u>Block 1:</u> <i>Einführung</i> Abriss der Hauptgebiete der Physikalischen Chemie; Grundbegriffe, -größen und Arbeitsmethoden der Physikalischen Chemie <i>Chemische Thermodynamik</i> System und Umgebung, Zustandsgrößen und Zustandsfunktionen, 0. Hauptsatz; Gasgleichungen, thermische Zustandsgleichung; Reale Gase, kritische Größen, Prinzip der korrespondierenden Zustände  <u>Block 2:</u> 1. Hauptsatz und kalorische Zustandsgleichung; Temperaturabhängigkeit von innerer Energie und Enthalpie; molare und spezifische Wärmekapazitäten; Reaktionsenergie und -enthalpie, Heßscher Satz; Isothermen und Adiabaten; Umsetzung von Wärme und Arbeit: Kreisprozesse; 2. Hauptsatz, Entropie, und 3. Hauptsatz  <u>Block 3:</u> Konzentration auf das System: Freie Energie und Freie Enthalpie; Chemisches Potential und seine Abhängigkeit von Druck, Volumen, Temperatur und Molenbruch; Mischphasen: wichtige Beziehungen und Größen, partiell molare Größen; Mischungseffekte; <u>Joule-Thomson-Effekt</u>  <u>Block 4:</u> Phasengleichgewichte in Ein- und Mehrkomponentensystemen; Gibbs'sche Phasenregel; Clapeyron- und Clausius-Clapeyron-Beziehung; Raoult'sches Gesetz, Dampfdruck- und Siedediagramme binärer Systeme, Azeotrope; Kolligative Eigenschaften; Schmelzdiagramme binärer Systeme  <u>Block 5:</u> Chemisches Gleichgewicht: Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstante und ihre Druck- und Temperaturabhängigkeit; Oberflächenenergie: Oberflächenspannung, Eötvös'sche Regel, Kelvin-Gleichung <i>Kinetik homogener und heterogener Reaktionen</i> Grundbegriffe: allgemeiner Geschwindigkeitsansatz, Ordnung und Molekularität; einfache Geschwindigkeitsgesetze; Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit: Arrhenius-Ansatz  <u>Block 6:</u>



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

**Block 7:**

*Elektrochemie (Thermodynamik und Kinetik geladener Teilchen)*

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

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

**Lehrformen:**

Vorlesung, Rechenübung, Praktikum mit Seminar

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mathematik I

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 70 Stunden, Selbststudium: 110 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / Praktikumsschein / 6 CP

**Modulverantwortlicher:**

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





### 3.9. Technische Mechanik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Technische Mechanik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten besitzen wesentliche Grundkenntnisse in der Statik, der Festigkeitslehre und der Dynamik. Sie sind in der Lage, einfache technische Problemstellungen aus den oben genannten Gebieten der Mechanik zu erkennen, diese richtig einzuordnen, daraus mechanische Berechnungsmodelle zu erstellen, die erforderlichen Berechnungen selbständig durchzuführen und die Ergebnisse zu bewerten. Die Studenten beherrschen die statische und festigkeitsmäßige Berechnung von einfachen zwei- und dreidimensionalen elastischen Stab- und Balkentragwerken (Lagerreaktionen, Schnittgrößen, Spannungen und Verformungen, Biegelinie, Vergleichsspannungen). Sie verfügen über Grundkenntnisse in der Kinematik und Kinetik und können einfache ebene Bewegungsvorgänge von Massenpunkten und starren Körpern analysieren sowie die dabei auftretenden Wege, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sowie die dazugehörigen Kräfte und Momente berechnen.
<b>Inhalt:</b> <i>Technische Mechanik (Wintersemester)</i> <ul style="list-style-type: none"><li>- Statik: Grundlagen der Statik; ebene und räumliche Kraftsysteme; ebene Tragwerke; Schnittgrößen an Stab- und Balkentragwerken; Schwerpunktberechnung; Flächenträgheitsmomente; Haftung und Reibung;</li><li>- Festigkeitslehre: Grundlagen der Festigkeitslehre; Zug/Druck (Spannungen, Verformungen); Biegung (Spannungen, Verformungen - Differentialgleichung der Biegelinie)</li></ul> <i>Technische Mechanik (Sommersemester)</i> <ul style="list-style-type: none"><li>Querkraftschub; Torsion kreiszylindrischer Wellen (Spannungen, Verformungen); zusammengesetzte Beanspruchungen, Stabilität;</li><li>- Dynamik: Einführung in die Kinematik; Einführung in die Kinetik: Axiome, Prinzip von d'Alembert, Arbeit und Energie, Energiemethoden; Einführung in die Schwingungslehre: freie und erzwungene Schwingungen des einfachen Schwingers.</li></ul> -
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 112 Stunden, Selbststudium: 188 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 180 / 10 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Juhre, FMB
<b>Literaturhinweise:</b> U. Gabbert, I. Raecke: Technische Mechanik, Carl Hanser Verlag München Wien, 6. Auflage 2011



### 3.10. Konstruktionselemente I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Konstruktionselemente I
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können Konstruktionszeichnungen verstehen und kleine Konstruktionen durchführen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Projektionslehre (Grundlagen, Normalprojektion, isometrische Projektion, Darstellung und Durchdringung von Körpern, Schnittflächen)</li><li>2. Normgerechtes Darstellen (Schnittdarstellung, Bemaßung von Bauteilen, Lesen von Zusammenstellungszeichnung von Baugruppen)</li><li>3. Gestaltabweichungen (Maßabweichungen (Toleranzen und Passungen), Form- und Lageabweichungen, Oberflächenabweichungen, Eintrag in Zeichnungen)</li><li>4. Gestaltungslehre, Grundlagen der Gestaltung (Methodik)</li><li>5. Fertigungsgerechtes Gestalten (Gestaltung eines Bauteils)</li><li>6.</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung mit Belegarbeiten und einer Leistungskontrolle
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Chr. Beyer (FMB)
<b>Lehrende:</b> Prof. Chr. Beyer, Dr.-Ing. R. Träger
<b>Literaturhinweise:</b> Hoischen/Hesser. Technisches Zeichnen. Berlin: Cornelsen Verlag Weitere Literaturhinweise im Vorlesungsskript



### 3.11. Konstruktionselemente II und Apparatetelemente als Blockveranstaltung

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



### 3.12. Werkstofftechnik

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



**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit 98 h, Selbststudium 202 h

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

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

**Modulverantwortlicher:**

Prof. M. Scheffler, FMB

**Literaturhinweise:**

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

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

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

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

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

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



### 3.13. Allgemeine Elektrotechnik 1

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



### 3.14. Allgemeine Elektrotechnik 2

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



### 3.15. Technische Thermodynamik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Technische Thermodynamik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> 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.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Systematik und Grundbegriffe, Wärme als Form des Energietransportes, Arten der Wärmeübertragung, Grundgesetze und Wärmedurchgang</li><li>2. Wärmeübergang durch freie und erzwungene Konvektion, Berechnung von Wärmeübergangskoeffizienten, Energietransport durch Strahlung</li><li>3. Wärme und innere Energie, Energieerhaltungsprinzip, äußere Arbeit und Systemarbeit, Volumenänderungs- und technische Arbeit, dissipative Arbeit, p,v-Diagramm</li><li>4. Der erste Hauptsatz, Formulierungen mit der inneren Energie und der Enthalpie, Anwendung auf abgeschlossene Systeme, Wärme bei reversiblen Zustandsänderungen</li><li>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)</li><li>6. Zustandsverhalten einfacher Stoffe, thermische und energetische Zustandsgleichungen, charakteristische Koeffizienten und Zusammenhänge, Berechnung von Zustandsgrößen, ideale Flüssigkeiten, reale und ideale Gase, Zustandsänderungen idealer Gase</li><li>7. Bilanzen für offene Systeme, Prozesse in Maschinen, Apparaturen und Anlagen: Rohrleitungen, Düse und Diffusor, Armaturen, Verdichter (<math>\Delta</math>), Gasturbinen, Windräder, Pumpen, Wasserturbinen und Pumpspeicherkraftwerke, Wärmeübertrager, instationäre Prozesse</li><li>8. Thermodynamische Potentiale und Fundamentalgleichungen, freie Energie und freie Enthalpie, chemisches Potential, Maxwell-Relationen, Anwendung auf die energetische Zustandsgleichung (van der Waals-Gas)</li><li>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)</li><li>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)</li><li>11. Joule-Prozess als Vergleichsprozess der offenen und geschlossenen Gasturbinenanlagen, Prozessverbesserung durch Regeneration, Verbrennungskraftmaschinen (Otto- und Dieselprozess) – Berechnung und Vergleich, Leistungserhöhung durch Abgasturbolader, weitere Kreisprozesse</li><li>12. Zustandsverhalten realer, reiner Stoffe mit Phasenänderung, Phasengleichgewicht und Gibbs'sche Phasenregel, Dampf tafeln und Zustandsdiagramme, Tripelpunkt und kritischer Punkt, Clausius-Clapeyron'sche Gleichung, Zustandsänderungen mit Phasenumwandlung</li></ol>





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

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übungen

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Lehrveranstaltung des Sommersemesters baut auf die Lehrveranstaltung im Wintersemester auf

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 112 Stunden, Selbststudium: 188 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 180 / 10 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. F. Beyrau, FVST



### 3.16. Strömungsmechanik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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><li>•</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Physik, Thermodynamik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Thévenin, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> siehe <a href="http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher.pdf">www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher.pdf</a>



### 3.17. Regelungstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Regelungstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden erwerben einen ersten Einblick in die Analyse und Synthese kontinuierlicher Regelungssysteme. Über die mathematische Beschreibung durch Differentialgleichungen werden sie befähigt, zunächst die wesentlichen Eigenschaften linearer zeitinvarianter Systeme im Zeitbereich und anschließend im Frequenzbereich zu untersuchen. Die erreichte Zielkompetenz besteht darin, diese Methoden erfolgreich zur Analyse und dem Entwurf von Regelsystemen einzusetzen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einführung: Ziele und Wege der Regelungstechnik</li><li>2. Mathematische Modellierung dynamischer Systeme</li><li>3. Verhalten linearer zeitinvarianter Systeme</li><li>4. Beschreibung im Frequenzbereich</li><li>5. Laplace-Transformation und Übertragungsfunktion</li><li>6. Regelverfahren</li><li>7. Analyse und Entwurf von Regelkreisen</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I-II
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Kienle, FEIT



### 3.18. Messtechnik

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



### 3.19. Prozessdynamik I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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> Prof. K. Sundmacher, FVST
<b>Lehrender:</b> Dr. A. Voigt, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> [1] B.W. Bequette, <i>Process Dynamics</i> , Prentice Hall, New Jersey, 1998. [2] D.E. Seborg, T.F. Edgar, D.A. Mellichamp, <i>Process Dynamics and Control</i> , John Wiley & Sons, New York, 1989. [3] B.A. Ogunnaike, W.H. Ray, <i>Process Dynamics, Modeling and Control</i> , Oxford University Press, New York, 1994.



### 3.20. Wärme- und Stoffübertragung

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Wärme- und Stoffübertragung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die Mechanismen der Wärme- und Stoffübertragung. Auf dieser Basis können Sie für verschiedene Fluide und Apparate Wärme- und Stoffübergangs-koeffizienten berechnen. Einfache Wärmeübertragungsprozesse können thermisch ausgelegt werden, wobei die Vielfältigkeit von geometrischen Lösungen bewusst ist. Dabei wird ein Verständnis für die Gegensätzlichkeit von Betriebs- und Investitionskosten sowie für die wirtschaftliche Auslegung erworben. Einfach Verdampfungsprozesse können bei noch vorgegebener Wärmezufuhr thermisch ausgelegt werden. Dabei erlernen sie Stabilitäts-kriterien zu beachten und anzuwenden. Die Studierenden können Wärmeverluste von Apparaten und Gebäuden berechnen sowie die Wirkung und die Wirtschaftlichkeit von Wärmedämmmaßnahmen beurteilen. Sie können Gleichgewichtsbeziehungen auf Transportvorgänge zwischen flüssigen und gasförmigen Phasen anwenden und sind somit befähigt, an den Modulen Thermische Verfahrenstechnik und Reaktionstechnik teilzunehmen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Arten der Wärmeübertragung (Grundgleichungen für Leitung, Konvektion und Strahlung), Erwärmung von thermisch dünnen Körpern und Fluiden (Newtonsches Kapazitätsmodell)</li><li>2. Wärmedurchgang in mehrschichtigen Wänden, Wärmewiderstände, Wirkung von Wärmedämmungen und Rippen</li><li>3. Konvektion, Herleitung Nusseltfunktion, laminare und turbulente Grenzschichten, überströmte Körper (Platte, Kugel, Rohre, Rohbündel), durchströmte Körper (Rohre, Kanäle, Festbetten), temperaturabhängige Stoffwerte, Prallströmungen (Einzeldüse, Düsensysteme)</li><li>4. Freie Konvektion (Grenzschichten, Nu-Funktionen für verschiedene Geometrien), Verdampfung (Mechanismus, Nu-Funktionen, Stabilität von Verdampfer, Kühlvorgänge), Kondensation (Filmtheorie, laminare und turbulente Nu-Funktionen)</li><li>5. Rekuperatoren (Gleich-, Gegen- und Kreuzstrom), Regeneratoren,</li><li>6. Arten der Diffusion (gewöhnlich, nicht-äquimolar, Porendiffusion, Darcy, Knudsen), Stoffübergang</li><li>7. Stationäre Vorgänge, Diffusion durch mehrschichtige Wände, Katalysatoren, Stoffübergang zwischen Phasen (Henry), Kopplung von Wärme- und Stoffübertragung am Beispiel Verdampfung</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Technische Thermodynamik, Strömungsmechanik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> JP A. Dieguez-Alonso, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Eigenes Buch zum Download; Baer, Stephan: Wärme- und Stoffübertragung (Springer Verlag)



### 3.21. Mechanische Verfahrenstechnik

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Mechanische Verfahrenstechnik

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden

- erlernen Methoden zur mathematischen Beschreibung der Eigenschaften und des Verhaltens einzelner und mehrerer Partikel.
- erlernen Grundkenntnisse wesentlicher dynamischer Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik und Partikeltechnik.
- analysieren und gestalten Prozesse zur Lagerung, zum Transport, zur Trennung und Zerkleinerung von disperser Stoffsysteme.
- entwickeln ihre Fertigkeiten bei der Auswahl, Auslegung, Gestaltung und verfahrenstechnischen Bewertung stochastischer und stationärer mechanischer Prozesse.

**Inhalt:**

1. Charakterisierung von Partikeln
  - Beschreibung der Größe, Größenverteilung und Packungsstrukturen
2. Strömung einzelner Partikel
  - Herleitung der Bewegungsgleichungen und Erhaltungsgesetze
3. Strömung mehrerer Partikel
  - Suspensionen und Ablagerungsverhalten
4. Kolloide und ultrafeine Partikel
  - Oberflächenkräfte, Suspensionsrheologie und Partikelvergrößerung
5. Lagerung von Partikeln
  - Gestaltung von Vorratsbehältern und Schubspannungsanalyse
6. Transport von Partikeln
  - Pneumatischer Transport und Steigrohre
7. Strömungen durch Schüttungen
  - Filtrierung und Wirbelschichtverfahren
8. Separierung von Partikeln unterschiedlicher Größe
  - Separierung in Gas- und Hydrozyklonen
9. Mischung und Trennung von Partikeln unterschiedlicher Größe
  - Gestaltung und Analyse von Mischungs- und Trennungsprozesse
10. Zerkleinerung von Partikeln
  - Zerkleinerungsmechanismen und -prozesse, Energieverbrauch.

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übungen und Praktikum

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Stochastik, Physik, Technische Mechanik, Strömungsmechanik I

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

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.





### 3.22. Apparatetechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Apparatetechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Ausgehend von den unterschiedlichen wesentlichen Prozessen in der Verfahrenstechnik besitzen die Studenten Basiskompetenzen für deren apparative Umsetzung. Sie haben ein Grundverständnis für die erforderlichen Apparate sowie deren Gestaltung von der Funktionserfüllung bis zur Apparatefestigkeit. Den Studenten sind die wesentlichen Grundlagen für die festigkeitsseitige Berechnung wichtiger Apparateteile bekannt. Sie können, ausgehend von den verfahrenstechnischen Erfordernissen, die verschiedenen Typen von Wärmeübertragungsapparaten, Stoffübertragungsapparaten, Apparaten für die mechanische Stofftrennung und -vereinigung sowie Pumpen und Ventilatoren in ihrer Wirkungsweise einschätzen und beherrschen vereinfachte Berechnungsansätze in Form von Krieralgleichungen. Sie besitzen ein erstes Verständnis für den Betrieb derartiger Apparate und Anlagen. Sie haben durch eine Exkursion in einen Produktionsbetrieb (z. B. Zuckerfabrik) direkten Einblick in die Betriebsabläufe und die Funktionsweise von wichtigen Apparatetypen erhalten.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einführung, Aufgaben des Chemischen Apparatebaus, Überblick über wesentliche Grundlagen, Prinzipielle Methoden der Berechnung von Prozessen und zugehörigen Apparaten, Wichtige Gesichtspunkte für den Apparateentwurf</li><li>2. Gewährleistung der Apparatefestigkeit, Grundlagen, Beispiele für Festigkeitsberechnungen von zylindrischen Mänteln, ebenen und gewölbten Böden und anderen Apparateteilen</li><li>3. Wärmeübertragungsapparate, Berechnungsgrundlagen Bauarten von Wärmeübertragungsapparaten und wesentliche Leistungsdaten von Wärmeübertragern</li><li>4. Stoffübergangsapparate, Grundgesetze, Thermische Gleichgewichte zwischen verschiedenen Phasen, Blasendestillation, Mehrstufige Prozesse, Rektifikation, Konstruktive Stoffaustauschelemente, Hydraulischer Arbeitsbereich, Allgemeiner Berechnungsablauf für Kolonnenböden, Konstruktive Details von Kolonnen</li><li>5. Apparate für die Trocknung von Feststoffen, Berechnungsgrundlagen, Arten der Trocknung, Übersicht über technisch wichtige Trocknerbauformen</li><li>6. Apparate für die mechanische Trennung disperser Systeme, Apparative Gestaltung von Sedimentationsapparaten, Filtrationsapparate, Apparative Gestaltung von Zentrifugen, Dekantern</li><li>7. Rohrleitungen und Armaturen, Apparative Ausführung von Pumpen und Ventilatoren und deren Betriebsweise</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung (Im Rahmen der Übung wird ein Apparat berechnet und konstruktiv entworfen), Exkursion
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik, Physik, Strömungsmechanik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Konstruktiver Entwurf eines Apparates (Die positive Bewertung ist Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung), K 120 / 5 CP



**Modulverantwortlicher:**

Prof. U. Krause, FVST

**Literaturhinweise:**

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



### 3.23. Thermische Verfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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).



### 3.24. Wärmekraftanlagen

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Wärmekraftanlagen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> 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.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- 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</li><li>- Fossile Brennstoffe, Feuerungstechnische Wirkungsgrade, Emissionen</li><li>- Motorische Energiewandlung, Vormischflammen, Diffusionsflammen, Motorenkonzepte, thermische Wirkungsgrade, Diesel-Motor</li><li>- Otto-Motor, Zündung, Verbrennung, Gas-Motor, Gasturbine</li><li>- 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)</li><li>- Dampfturbinenprozesse: Kreisprozesscharakteristik, Möglichkeiten der Wirkungsgradverbesserung, Regenerative Speisewasservorwärmung, Zwischenüberhitzung, überkritische Arbeitsweise</li><li>- Dampfkraftanlagen: Schaltbilder und Energieflussdiagramme, Dampf-erzeuger, Verluste, Abgasbehandlung und Umweltaspekte, Wirkungsgrade und technischer Stand</li><li>- Kombiprozesse: Energetische Bewertung, Grundsaltungen, Leistungsverhältnis, Wirkungsgrade und technischer Stand</li><li>- 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</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme:</b> Thermodynamik, Physikalische Chemie, Strömungsmechanik
<b>Leistungsnachweis/Prüfung/Credits:</b> Klausur 120 min / 5 CP
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS Präsenzzeit: 56 Stunden Selbststudium: 94 Stunden



**Modulverantwortlicher:**  
Dr. F. Schulz, FVST

**Literaturhinweise:**  
Skript zum downloaden



### 3.25. Umwelttechnik und Luftreinhaltung

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Umwelttechnik und Luftreinhaltung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> 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.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Begriffe, rechtliche und ökonomische Rahmenbedingungen, Begriffe der Umwelttechnik, Rechtliche und ökonomische Rahmenbedingungen</li><li>2. Arten, Quellen, Mengen (Aufkommen) und Auswirkungen von Schadstoffen in Abluft und Abgasen</li><li>3. Typische Trennprozesse und Prozessgruppen der Gasreinigung</li><li>4. Grundlagen der Partikel- und Staubabscheidung, Bewertung der Prozessgüte und der Gasreinheit, Prozess- und Apparatebeispiele: Trägheitsabscheider, Nassabscheider, Partikel- und Staubfilter, elektrische Abscheider</li><li>5. Schadgasabscheidung durch Kondensation, Absorption, chemische Wäsche</li><li>6. Schadgasabscheidung durch Adsorption, Membranen, biologische Prozesse</li><li>7. Thermische und katalytische Nachverbrennung</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Wärme- und Stoffübertragung, Mechanische Verfahrenstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 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. A. Seidel-Morgenstern, Prof. H. Köser
<b>Literaturhinweise:</b> Eigene Notizen zum Download; Görner, Hübner: Umweltschutztechnik (Springer Verlag); Cheremisinoff: Handbook of air pollution prevention and control (Butterworth-Heinemann).



### 3.26. Abwasserreinigung und Abfallbehandlung

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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> <ul style="list-style-type: none"><li>• Wassergüte</li><li>• Typische Verfahren der Abwasserreinigung</li><li>• Mechanische Prozesse der Abwasserreinigung</li><li>• Biologische Prozesse der Abwasserreinigung</li><li>• Thermische und chemische Prozesse der Abwasserreinigung</li><li>• Klärschlammbehandlung</li><li>• Adsorptive Abwasserreinigung: Vertiefende Betrachtung</li><li>• Kühlwasser- und Abwassernutzung</li><li>• Einführung in die Abfallbehandlung</li><li>• Mechanische Prozesse der Abfallbehandlung</li><li>• Thermische und Chemische Prozesse der Abfallbehandlung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mechanische Verfahrenstechnik, Wärme- und Stoffübertragung
<b>Arbeitsaufwand:</b> 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. A. Seidel-Morgenstern, Prof. H. Köser
<b>Literaturhinweise:</b> Eigene Notizen zum Download; Droste: Theory and practice of water and wastewater treatment (Wiley); Löhr, Melchiorre, Kettermann: Aufbereitungstechnik (Carl Hanser Verlag).





### 3.27. Praktikum Umwelt/Energie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Praktikum Umwelt/Energie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können mit verschiedenen Messapparaturen wichtige Stoffwerte ermitteln. Sie können die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit von Messergebnissen bewerten. Sie können selbständig Geräte einstellen und bedienen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Querstromfiltration (MVT)</li><li>2. Verweilzeitmodellierung (TVT)</li><li>3. Rektifikation (TVT)</li><li>4. Kaltdampfprozess (ISUT)</li><li>5. Brennbare Flüssigkeiten (IAUT)</li><li>6. Brennbare Feststoffe (IAUT)</li><li>7. Bestimmung von Schwermetallen (IAUT)</li><li>8. Bestimmung von Wärmeübergangskoeffizienten mittels Infrarottechnik (ISUT)</li><li>9. Heizwertbestimmung und Elementaranalyse von Festbrennstoffen (IAUT)</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Praktikum, Versuchsdurchführung in Gruppen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Messtechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Praktikumsbericht / 5 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Dr. G. Boye, FVST



### 3.28. Verfahrenstechnische Projektarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Verfahrenstechnische Projektarbeit
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Frühzeitige Beschäftigung mit einem verfahrenstechnischen Prozess ausgehend von eigenen experimentellen Untersuchungen über das Produktverhalten und die Produkteigenschaften bis zur vollständigen Beschreibung der Herstellung,</li><li>• Sammlung von Erfahrungen in der Gruppenarbeit und in der Präsentation,</li><li>• Entwicklung von sozialen Beziehungen zwischen den Studierenden des Studienganges.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <p>Für gegebene Produkte soll das Verfahren zur Herstellung beschrieben werden. Dazu sollen jeweils Versuche durchgeführt werden, um das Verhalten des Produktes während der Stoffumwandlung kennen zu lernen. In den Instituten stehen entsprechende Versuchsanlagen und Laborgeräte zur Verfügung. Zu jedem Projekt ist ein Ansprechpartner angegeben, der in die Versuche und Messungen einweist und für Diskussionen über die Verfahren bereitsteht. So sollen z. B. Schnaps gebrannt, Kaffee geröstet, Getreide getrocknet, Bier gebraut, Zucker kristallisiert, Kalk gebrannt werden usw.</p> <p>Um Informationen über das Verfahren und den Prozess zu erhalten, soll vornehmlich das Internet genutzt werden. Für Versuche und Recherchen ist der Zeitraum des 1. Semesters vorgesehen. Mit dem Betreuer sind regelmäßig Treffen zu vereinbaren, bei dem über den Stand der Arbeiten berichtet wird. Während des 2. Semesters werden Verfahren und Prozess in einem Seminarvortrag allen Mitstudierenden vorgestellt. So weit möglich soll Powerpoint verwendet werden.</p>
<b>Lehrformen:</b> Übung mit Experimenten, Seminar
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Präsentation / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> N.N., FVST



### 3.29. Nichttechnische Fächer

<b>Studiengang:</b> Pflichtfächer Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Nichttechnische Fächer
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die Spielregeln des Berufslebens, soziale Kompetenzen und Teamarbeiten. Sie können Projekte und Zeit managen.
<b>Inhalt:</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminare, Projekte, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweise / 5 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“



### 3.30. Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag

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



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Praktikumsbericht, Teilnahmebescheinigung, Seminarvortrag

**Modulverantwortlicher:**

Studiengangfachberater\*in



### 3.31. Bachelorarbeit

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



## 4. Bachelorstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Wahlpflichtmodule/Kernfächer Energietechnik

### 4.1. Fluidenergiemaschinen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul zur Energietechnik Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 5 CP



**Modulverantwortlicher:**

Prof. D. Thévenin, 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)





## 4.2. Fuel Cells

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul zur Energietechnik Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 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>2. 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>3. Experimental methods in fuel cell research</li><li>4. Fuels<ul style="list-style-type: none"><li>- Handling and storage of hydrogen</li><li>- Fuel processing</li></ul></li><li>5. Fuel cell systems</li></ol>
<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:**

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



#### 4.3. Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul zur Energietechnik Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Funktionale Materialien für die Energiespeicherung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können die Einflussfaktoren und wichtigsten Techniken der heutigen Energieversorgung für Deutschland sowie weltweit benennen und analysieren. Sie können die Notwendigkeit für die Entwicklung und den verstärkten Einsatz von Energiespeichern begründen. Die Studierenden sind in der Lage, die unterschiedlichen Prinzipien zur Speicherung thermischer, elektrischer, chemischer und mechanischer Energie zu beschreiben und die möglichen Verfahren bezüglich der materialspezifischen Anforderungen zu werten. Besonderes Augenmerk wird dabei auch auf aktuelle Entwicklungen in der Forschung gelegt.
<b>Inhalt</b> <b>1. Thermische Energie</b> Temperaturbereiche der Energiespeicherung und Temperaturhub zw. Wärmequelle und -bedarf sensible, latente, Adsorptions- und Absorptionswärme; Grundlagen Unterschied Kurzzeit-, Langzeit- u. Saisonspeicher Materialien: feste Systeme, flüssige Systeme Spezifische Anwendungen <b>2. Elektrische Energie</b> Akkumulatoren und Batterien: Übersicht, Arten, Einsatzgebiete gravimetrische und volumetrische Speicherdichte Standardpotentiale, Abhängigkeit von Temperatur des Systems und Konzentration der Reaktanden Nernst-Gleichung für die einzelnen Systeme Lade-/Entladekinetik; thermische Belastung; Auslegung Bilder existierender Anlagen Supercaps: Funktionsweise <b>3. Chemische Energie</b> Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung Adam- und Eva-Prozess <b>4. Druckluft</b> Speicherorte und Potentiale Funktionsweise <b>5. Schwungräder</b> Langsame, schnelle, Potentiale, Wirkprinzip <b>6. Sonstiges</b> z.B. Pumpspeicherwerke
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, (2 VL, 1 Ü), Selbststudium 108 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Energy Storage, R. A. Huggins (Springer Verlag), Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Volker Quaschnig (Carl Hanser Verlag), Foliensatz zum download



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

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul zur Energietechnik Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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 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



#### 4.5. Combustion Engineering

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

### 5.1. Thermische Prozesstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Thermische Prozesstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können die Erwärmungs- und die Abkühlungsvorgänge fester Körper wie Metalle, Keramiken, Brennstoffe berechnen. Sie kennen den Mechanismus des Wärmeübergangs durch Strahlung. Sie wissen, wie durch Strahlungsschirme und Sekundärstrahlung der Wärmeübergang beeinflussen werden kann. Sie können die Verfahren zur Intensivkühlung mit Flüssigkeiten anwenden. Sie können gekoppelte Wärme- und Stofftransportvorgänge unter Verwendung von Gleichgewichtsbeziehungen berechnen. Sie sind damit in der Lage, Prozesse der Hochtemperaturverfahrenstechnik und der Energietechnik thermisch auszulegen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Wärmebehandlungsprozesse von Feststoffen, Anwendungsbeispiele, Herstellung von Keramik und Metallen, Temperaturverläufe, Fourier'sche Dgl. mit Grenzbedingungen</li><li>- Vereinfachte analytische Lösung für eindimensionale Wärmeleitung, dimensionslose Beschreibung, Beispiele, mehrdimensionale Wärmeleitung, Wärmetransport in halbunendlichen Körpern und bei kurzen Zeiten, Kontakttemperatur</li><li>- Wärmeübertragung durch Strahlung, Mechanismus, Intensitäten, Emissionsgrade für feste, flüssige und gasförmige Stoffe, Staub- und Rußstrahlung</li><li>- Einstrahlzahlen, Strahlungsaustausch, Strahlungsschirm, Treibhauseffekt, Sekundärstrahlung</li><li>- Erstarrungs- und Schmelzvorgänge</li><li>- Intensivkühlvorgänge, Tauch-, Film- und Spritzkühlung, Einfluss von Flüssigkeiten, kritische Wärmestromdichten, Leidenfrostproblematik</li><li>- Gekoppelte Wärme- und Stofftransportvorgänge, Gleichgewichtsbedingungen an Phasengrenzen, Beispiel Kohlenstoffverbrennung, Kalksteinzersetzung</li><li>-</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung und Experimenten
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung, Strömungstechnik, Physikalische Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden Selbststudium 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Mündlich / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> JP A. Dieguez-Alonso, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Skript zum Download, Stefan; Baehr: Wärmeübertragung



## 5.2. Nichttechnische Fächer

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





### 5.3. Masterarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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>Lehrform:</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>Modulverantwortlicher:</b> Prüfungsausschussvorsitzender



## 6 Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Kernfächer Umwelttechnik

### 6.1. Aufbereitungstechnik und Recycling

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Umwelttechnik Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Aufbereitungstechnik und Recycling ( <b>Aussetzung bis auf Weiteres</b> )
<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 Abfälle</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



## 6.2. Umweltchemie

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



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

**Lehrformen:**

Vorlesung

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundlegende Kenntnisse in Anorganischer und Organischer Chemie

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium+Prüfungsvorbereitung: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / 5 CP



**Modulverantwortlicher:**

Dr. M. Schwidder, FVST

**Literaturhinweise:**



### 6.3. Environmental Biotechnology

<b>Course:</b> Kernfach zur Umwelttechnik Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Module:</b> Environmental Biotechnology
<b>Objectives:</b> 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.
<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; (winter semester)
<b>Prerequisites:</b> None
<b>Work load:</b> 2 hours per week Lectures and tutorials: 28 h, Private studies: 62 h
<b>Examinations/Credits:</b> Oral exam / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Dr. D. Benndorf, FVST
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Michael T. Madigan, John M. Martinko, David Stahl, Jack Parker, Benjamin Cummings: Brock Biology of Microorganisms, 13 edition (December 27, 2010)</li><li>- Jördening, H.-J (ed.): Environmental biotechnology: concepts and applications, Weinheim: Wiley-VCH, 2005</li><li>- Environmental Biotechnology (ed. by Lawrence K. Wang, Volodymyr Ivanov, Joo-Hwa Tay), Springer Science+Business Media, LLC, 2010 (Handbook of Environmental Engineering, 10)</li><li>- Further literature will be given in the lecture</li></ul>





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

<b>Course:</b> Kernfach zur Umwelttechnik Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Module:</b> Transport phenomena in granular, particulate and porous media
<b>Objectives:</b> Dispersed solids find broad industrial application as raw materials (e.g. coal), products (e.g. plastic granulates) or auxiliaries (e.g. catalyst pellets). Solids are in this way involved in numerous important processes, e.g. regenerative heat transfer, adsorption, chromatography, drying, heterogeneous catalysis. To the most frequent forms of the dispersed solids belong fixed, agitated and fluidized beds. In the lecture the transport phenomena, i.e. momentum, heat and mass transfer, in such systems are discussed. It is shown, how physical fundamentals in combination with mathematical models and with intelligent laboratory experiments can be used for the design of processes and products, and for the dimensioning of the appropriate apparatuses. <ul style="list-style-type: none"><li>• Master transport phenomena in granular, particulate and porous media</li><li>• Learn to design respective processes and products</li><li>• Learn to combine mathematical modelling with lab experiments</li></ul>
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Transport phenomena between single particles and a fluid</li><li>• Fixed beds: Porosity, distribution of velocity, fluid-solid transport phenomena Influence of flow maldistribution and axial dispersion on heat and mass transfer Fluidized beds: Structure, expansion, fluid-solid transport phenomena</li><li>• Mechanisms of heat transfer through gas-filled gaps</li><li>• Thermal conductivity of fixed beds without flow Axial and lateral heat and mass transfer in fixed beds with fluid flow</li><li>• Heat transfer from heating surfaces to static or agitated bulk materials</li><li>• Contact drying in vacuum and in presence of inert gas</li><li>• Heat transfer between fluidized beds and immersed heating elements</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures / Exercises; (summer semester)
<b>Prerequisites:</b>
<b>Work load:</b> 3 hours per week Lectures and tutorials: 42 h, Private studies: 108 h
<b>Examinations/Credits:</b> Oral exam / 5 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Prof. E. Tsotsas, FVST
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Own notes for download</li><li>- Schlünder, E.-U., Tsotsas, E., Wärmeübertragung in Festbetten, durchmischten Schüttgütern und Wirbelschichten, Thieme, Stuttgart, 1988</li><li>- Geankoplis, C.J., Transport processes and separation process principles, Prentice Hall, 2003</li></ul>





## 6.5. Waste Water and Sludge Treatment

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Umwelttechnik Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Waste water and sludge treatment (WWST)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> The student should be able to <ul style="list-style-type: none"><li>• identify the relevant physical, chemical and biological properties of a wastewater</li><li>• understand the fundamentals of wastewater treatment technologies</li><li>• identify the relevant physical, chemical and biological properties of biosolids from wastewater treatment</li><li>• develop creative solutions for the treatment of wastewater and the control of emissions to surface water</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Constituents and analysis of waste water</li><li>• Principles of mechanical treatment processes</li><li>• Principles of biological treatment processes</li><li>• Principles of chemical treatment processes</li><li>• Activated sludge processes</li><li>• Biofilm processes</li><li>• Process selection</li><li>• Wastewater sludge treatment processes</li><li>• Disinfection processes</li><li>• Water reuse</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> lectures, tutorial and essay writing
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> bachelor in chemical or biological engineering or equivalent
<b>Arbeitsaufwand:</b> lectures, tutorials: 42 h; private studies: 108 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> written exam / 5 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Ms. Vergera, 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;



## 7 Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Kernfächer Energietechnik

### 7.1. Combustion Engineering

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



**Examination/Credits:**

Written exam 120 min / 5 CP

**Responsibility:**

JP B. Fond, 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



## 7.2. Fluidenergiemaschinen

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Energietechnik Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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 selbstständig 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><li>•</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: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Thévenin, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> siehe: <a href="http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher_FEM.pdf">http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher_FEM.pdf</a>



### 7.3. Fuel Cells

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Energietechnik Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 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>2. 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>3. Experimental methods in fuel cell research</li><li>4. Fuels<ul style="list-style-type: none"><li>- Handling and storage of hydrogen</li><li>- Fuel processing</li></ul></li><li>5. Fuel cell systems</li></ol>
<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> 32h time of attendance (one-week full-time block seminar), 10h outside classes presence: 42 hours (3 SWS), private studies: 108 h (literature survey)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Written exam 60 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. T. Vidakovic-Koch, MPI Magdeburg
<b>Literature:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>[1] Lecture notes, available for download</li><li>[2] Vielstich, W. <i>et al.</i>: Handbook of Fuel Cells, Wiley 2003</li><li>[3] Larminie, J. and Dicks, A.: Fuel Cell Systems Explained, Wiley, 2003</li><li>[4] Haman, C.H. and Vielstich, W.: Electrochemistry, Wiley, 1998</li></ol>



- [5] Bard, A.J. and Faulkner, L.R.: Electrochemical Methods, Wiley, 2001  
[6] Wesselingh, J.A. and Krishna, R.: Mass Transfer in Multi-Component Mixtures, Delft Univ. Press, 2000



#### 7.4. Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Energietechnik Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Funktionale Materialien für die Energiespeicherung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können die Einflussfaktoren und wichtigsten Techniken der heutigen Energieversorgung für Deutschland sowie weltweit benennen und analysieren. Sie können die Notwendigkeit für die Entwicklung und den verstärkten Einsatz von Energiespeichern begründen. Die Studierenden sind in der Lage, die unterschiedlichen Prinzipien zur Speicherung thermischer, elektrischer, chemischer und mechanischer Energie zu beschreiben und die möglichen Verfahren bezüglich der materialspezifischen Anforderungen zu werten. Besonderes Augenmerk wird dabei auch auf aktuelle Entwicklungen in der Forschung gelegt.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Thermische Energie</b> Temperaturbereiche der Energiespeicherung und Temperaturhub zw. Wärmequelle und -bedarf sensible, latente, Adsorptions- und Absorptionswärme; Grundlagen Unterschied Kurzzeit-, Langzeit- u. Saisonalspeicher Materialien: feste Systeme, flüssige Systeme Spezifische Anwendungen</li><li><b>2. Elektrische Energie</b> Akkumulatoren und Batterien: Übersicht, Arten, Einsatzgebiete gravimetrische und volumetrische Speicherdichte Standardpotentiale, Abhängigkeit von Temperatur des Systems und Konzentration der Reaktanden Nernst-Gleichung für die einzelnen Systeme Lade-/Entladekinetik; thermische Belastung; Auslegung Bilder existierender Anlagen Supercaps: Funktionsweise</li><li><b>3. Chemische Energie</b> Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung Adam- und Eva-Prozess</li><li><b>4. Druckluft</b> Speicherorte und Potentiale Funktionsweise</li><li><b>5. Schwungräder</b> Langsame, schnelle, Potentiale, Wirkprinzip</li><li><b>6. Sonstiges</b> z.B. Pumpspeicherwerke</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, (2 VL, 1 Ü) Selbststudium 108 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST



**Literaturhinweise:**

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





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

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Energietechnik Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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 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



## 8 Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Wahlpflichtmodule

### 8.1. Adsorption und heterogene Katalyse

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



**Literaturhinweise:**

Kast, Adsorption aus der Gasphase, VCH, Weinheim, 1988

Ertl, Knöziger, Weitkamp, Handbook of Heterogeneous Catalysis, VCH, 2008



## 8.2. Advanced Process Systems Engineering

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



### 8.3. Analysis and Design of Experiments

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



#### 8.4. Angewandtes Energierecht für Ingenieure

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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> <i>Einführung</i> <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> <i>Energiemarktliberalisierung</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• Energiemarktliberalisierung</li><li>• Funktionsweise und Akteure am Energiemarkt</li><li>• Entflechtung und Regulierung der Netzbetreiber</li></ul> <i>Energiewende</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• Politische Ziele und Umsetzungsstrategien</li><li>• Implikationen auf das Energierecht (u.a. EEG, EEWärmeG, EnEV)</li></ul> <i>Planung und Genehmigung von Energieerzeugungsanlagen</i> <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. Dr. F. Scheffler, FVST

**Lehrender:**

Martin Stötzer

**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



## 8.5. Arbeits- und Gesundheitsschutz

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Arbeits- und Gesundheitsschutz
<b>Ziele des Moduls:</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, Mengenschwelle, 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> 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.



## 8.6. Sustainability Assessment (LCA) for Biofuels

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



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

written exam / 4 CP

**Responsible Lecturer:**

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

**Literaturhinweise:**

lecture notes (free to download)



## 8.7. Chemische Prozesskunde

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



**Modulverantwortlicher:**

Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST

**weitere Lehrende:**

apl. Prof. H. Lorenz / Dr. K. Wagemann

**Literaturhinweise:**

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



## 8.8. Combustion Engineering

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



**Responsibility:**

JP B. Fond, 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



## 8.9. Computational Fluid Dynamics

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





**Modulverantwortlicher:**

apl. Prof. Dr. G. Janiga, FVST

**Literaturhinweise:**

Ferziger and Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer



### 8.10. Control of Toxic Trace Elements

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



## 8.11. Digital Engineering of Process Engineering Applications

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



3 SWS,

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

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Präsentation der App, Bericht/ - / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr.-Ing. Nicole Vorhauer-Huget, FVST

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



## 8.12. Dispersion of Hazardous Materials

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Module:</b> Dispersion of Hazardous Materials
<b>Objectives (competences):</b> Course participants deal with the problem of accidental releases of hazardous substances from industrial installations. They learn the principles of passive and jet dispersion in gas or particle phase and in relation to the atmospheric stability conditions. They are capable to apply mathematical tools to calculate concentration profiles for emitted substances in the x-y-z space and depending on time. They can assess the hazard for organism present in the radius of action of the release by comparing the calculated concentrations with relevant hazard threshold values.
<b>Content</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Emission and passive dispersion of neutral and heavy gases, atmospheric stability conditions,</li><li>• Gaussian distribution based dispersion models,</li><li>• Particle trajectories-based simulation models,</li><li>• Jet dispersion,</li><li>• Partitioning and fate of chemicals in the environment,</li><li>• Toxicity of substances, the Acute Exposure Guideline Level concept,</li><li>• Release of liquids and gases from leakages,</li><li>• Dispersion of radionuclides.</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lecture with tutorial/English
<b>Prerequisites:</b> -
<b>Workload:</b> 2-1-0, classroom = 42 hours and self-studies = 78 hours
<b>Examination/Credits:</b> Written exam/4 CP
<b>Responsible Lecturer:</b> Dr. R. Zinke, FVST
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Steinbach: Safety Assessment for Chemical Processes</li><li>- Steen/Hattwig: Handbook of Explosion protection</li><li>- Eckhoff: Dust explosions in the Process Industries</li><li>- Mannan: Lee's Loss prevention in the Process Industries</li><li>- Stoessel: Thermal Safety of Chemical Processes</li><li>- UN Handbook for Transportation of Dangerous Goods ("Orange Book")</li><li>- TNO Coloured Books Series</li></ul>



### 8.13. Drying Technology

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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



**Modulverantwortlicher:**

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.



#### 8.14. Dynamik komplexer Strömungen

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





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

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Einsatz von Mikrowellen und Ultraschall in der Verfahrens- und Umwelttechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Erarbeitung der physikalischen Grundlagen zum Verständnis wellenbasierter Energieformen und der Wechselwirkung mit Dielektrika und viskoelastischen Fluiden</li><li>• Erarbeitung der technischen Grundlagen der Mikrowellenthermie und des Leistungsultraschalls</li><li>• Vertiefung des Verständnisses für die Vorteile und die Voraussetzungen für die sinnvolle Nutzung von Mikrowellen und Ultraschall</li><li>• Überblick über die Einsatzmöglichkeiten für die Unterstützung von Trennoperationen, Stoffwandlungen in der chemischen Reaktionstechnik und der Materialsynthese</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Physikalische Grundlagen der Mikrowellenerwärmung/ des Leistungsultraschalls (Wellenlehre, Elektromagnetische Felder, Dielektrika, Piezoakustik)</li><li>2. Einführung in die Mikrowellentechnik für Erwärmungsprozesse (Mikrowellengeneratoren, -transmission, -hohlleiter, Applikatorkonzepte, Temperaturmessung)</li><li>3. (Hybride) Mikrowellenthermie (Erwärmungsprozess, Ofenaufbau, Auslegung)</li><li>4. Mikrowellenapplikationen (Trocknung, Desorption, Sinter-, Temperprozesse, Schmelzen, Umkristallisation, Hochtemperaturprozesse, Mikrowellensynthese)</li><li>5. (Schallerzeugung, -übertragung, Transducer, Messung der Schalleistung)</li><li>6. Sonoinduzierte Kavitation, Sonolumineszenz und elektrochemische Effekte</li><li>7. Mischen, Dispergieren, Emulgieren und Reagieren mit Leistungsultraschall</li><li>8.</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Wärme- und Stoffübertragung
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. St. Gai / Prof. E. Tsotsas, FVST



**Literaturhinweise:**

- V. M. Schmidt, Elektrochemische Verfahrenstechnik, Grundlagen, Reaktionstechnik, Prozessoptimierung, Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA, 2003, ISBN 3-527-29958-0.
- K. Scott, Electrochemical Reaction Engineering, Academic Press Limited, 1991, ISBN 0-12-633330-0.
- D. Pletcher, F. C. Walsh, Industrial Electrochemistry, 2<sup>nd</sup> Edition, Blackie Academic & Professional, Paperback edition, 1993, ISBN 0-7514-0148-X.



## 8.16. Environmental Biotechnology

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Module:</b> Environmental Biotechnology
<b>Objectives:</b> 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 realize the potential of biotechnological processes for more sustainable industrial processes.
<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; (winter semester)
<b>Prerequisites:</b>
<b>Work load:</b> 2 hours per week Lectures and tutorials: 28 h, Private studies: 62 h
<b>Examinations/Credits:</b> Oral exam / 3 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Dr. D. Benndorf, FVST
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Michael T. Madigan, John M. Martinko, David Stahl, Jack Parker, Benjamin Cummings: Brock Biology of Microorganisms, 13 edition (December 27, 2010)</li><li>- Jördening, H.-J (ed.): Environmental biotechnology: concepts and applications, Weinheim: Wiley-VCH, 2005</li><li>- Environmental Biotechnology (ed. by Lawrence K. Wang, Volodymyr Ivanov, Joo-Hwa Tay), Springer Science+Business Media, LLC, 2010 (Handbook of Environmental Engineering, 10)</li><li>- Further literature will be given in the lecture</li></ul>



### 8.17. Fluidenergiemaschinen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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> Prof. D. Thévenin, 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)



## 8.18. Fuel Cells

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**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:**

6. Introduction to fuel cells
  - Working principle
  - Types of fuel cells
  - Applications
7. 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
8. Experimental methods in fuel cell research
9. Fuels
  - Handling and storage of hydrogen
  - Fuel processing
10. Fuel cell systems

**Lehrformen:**

Lecture and tutorial

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

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

**Arbeitsaufwand:**

32h 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:**

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



### 8.19. Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Funktionale Materialien für die Energiespeicherung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können die Einflussfaktoren und wichtigsten Techniken der heutigen Energieversorgung für Deutschland sowie weltweit benennen und analysieren. Sie können die Notwendigkeit für die Entwicklung und den verstärkten Einsatz von Energiespeichern begründen. Die Studierenden sind in der Lage, die unterschiedlichen Prinzipien zur Speicherung thermischer, elektrischer, chemischer und mechanischer Energie zu beschreiben und die möglichen Verfahren bezüglich der materialspezifischen Anforderungen zu werten. Besonderes Augenmerk wird dabei auch auf aktuelle Entwicklungen in der Forschung gelegt.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Thermische Energie</b> Temperaturbereiche der Energiespeicherung und Temperaturhub zw. Wärmequelle und -bedarf sensible, latente, Adsorptions- und Absorptionswärme; Grundlagen Unterschied Kurzzeit-, Langzeit- u. Saisonalspeicher Materialien: feste Systeme, flüssige Systeme Spezifische Anwendungen</li><li><b>2. Elektrische Energie</b> Akkumulatoren und Batterien: Übersicht, Arten, Einsatzgebiete gravimetrische und volumetrische Speicherdichte Standardpotentiale, Abhängigkeit von Temperatur des Systems und Konzentration der Reaktanden Nernst-Gleichung für die einzelnen Systeme Lade-/Entladekinetik; thermische Belastung; Auslegung Bilder existierender Anlagen Supercaps: Funktionsweise</li><li><b>3. Chemische Energie</b> Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung Adam- und Eva-Prozess</li><li><b>4. Druckluft</b> Speicherorte und Potentiale Funktionsweise</li><li><b>5. Schwungräder</b> Langsame, schnelle, Potentiale, Wirkprinzip</li><li><b>6. Sonstiges</b> z.B. Pumpspeicherwerke</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, (2 VL, 1 Ü) Selbststudium 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST





**Literaturhinweise:**

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



## 8.20. Integrierte innovative Reaktorkonzepte

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Integrierte innovative Reaktorkonzepte
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• haben methodisch grundlagenorientierte Lösungskompetenz für Problemstellungen bei reaktiven Prozessen in der Verfahrenstechnik</li><li>• sind in der Lage die Wechselwirkungen zwischen Reaktionsführung, Produktselektivität und Aufarbeitung sowie Probleme der Wärmeab-/zufuhr im Reaktor zu analysieren, zu modellieren und zu bewerten</li><li>• können moderne integrierte Reaktorkonzepte, deren Apparative Umsetzung und Wirtschaftlichkeit einschätzen und sind in der Lage diese in die Praxis zu überführen</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <b>1. Einleitung &amp; Repetitorium</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Typische Reaktortypen &amp; Reaktionsführungen (absatzweise, kontinuierlich, isotherm, adiab, polytherm)</li><li>• Unit-Operations der thermischen &amp; mechanischen Verfahrenstechnik (Destillation, Rektifikation, Strippen, Absorption, Adsorption, Chromatographie, Kristallisation, Extraktion, Pervaporation, Membranverfahren, Ultrafiltration, Mahlung, Extrusion)</li></ul> <b>2. Innovative Reaktorkonzepte (allgemeine Konzepte)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Konzept und Klassifizierung der Multifunktionalität in chemischen Reaktoren</li><li>• In-Situ-Synergien zwischen Reaktionsführung und Unit-Operation</li><li>• Diffusiver, konvektiver Stofftransport; rekuperativer, regenerativer, konvektiver Wärmetransport; Wärmeleitung; homogene, heterogene Koppelreaktionen</li><li>• Darstellung bi- bzw. multifunktionaler Reaktionsführungen (Beschreibung, Voraussetzungen, Bewertung)</li><li>• Einsatzgebiete multifunktionaler Reaktoren</li></ul> <b>3. Ausgewählte Beispiele innovativer Reaktorkonzepte aus Forschung &amp; Technik - aktuelle Probleme</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reaktivdestillation</li><li>• Adsorptiver Reaktor (Anwendung, Potenzial, Modellierung, Grenzen)</li><li>• Reaktivchromatographie</li><li>• Membranreaktor</li><li>• Reverse-Flow-Reaktor</li><li>• Auslegung und Optimierung multifunktionaler Reaktoren Entwicklungsperspektiven</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Reaktionstechnik I



**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



## 8.21. Kältetechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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><li>10.</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Technische Thermodynamik I und II
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / K/M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. F. Schulz, FVST



## 8.22. Mechanische Trennprozesse

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



**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



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

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



**Arbeitsaufwand:**

2 SWS

Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 3 CP

**Lehrende:**

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

**Literaturhinweise:**

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

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





## 8.24. Moderne Analysemethoden / Instrumentelle Analyse

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



## 8.25. Numerik für Ingenieure

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



## 8.26. Numerische Strömungsmechanik

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



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

apl. Prof. Dr. G. Janiga, FVST

**Literaturhinweise:**

Ferziger and Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer



## 8.27. Physikalische Chemie II

**Studiengang:**

Wahlpflichtfach Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Physikalische Chemie II: Aufbau der Materie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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

**Inhalt:**

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

**Block 1:**

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

**Block 2:**

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

**Block 3:**

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

**Block 4:**

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

**Block 5:**

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

**Block 6:**

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

**Block 7:**

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



**Lehrformen:**

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

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Module Mathematik I, Mathematik II, Physikalische Chemie

**Arbeitsaufwand:**

6 SWS

Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 126 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

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

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr. H. Weiß, FVST

**Lehrende:**

PD Dr. J. Vogt, FVST

**Literaturhinweise:**

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



## 8.28. Präparationsprinzipien poröser Materialien

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



## 8.29. Projektarbeit Verfahrensplanung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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





**Modulverantwortlicher:**

Prof. Ch. Hamel, FVST

**Literaturhinweise:**

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



### 8.30. Projektseminar Nachhaltigkeit

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



### 8.31. Prozessoptimierung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Prozessoptimierung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die Grundzüge der numerischen Optimierung, insbesondere mit Blick auf die Anwendung auf technische Systeme. Sie sind in der Lage, aus technischen oder wirtschaftlichen Fragestellungen adäquate Optimierungsprobleme zu formulieren und zu klassifizieren. Die Studierenden haben einen breiten Überblick über verfügbare computergestützte Lösungsverfahren für stationäre Optimierungsprobleme unterschiedlicher Art. Dadurch sind sie in der Lage, angemessene Algorithmen für vorliegende Optimierungsprobleme auszuwählen. Dabei können Sie aufgrund ihrer detaillierten Kenntnisse die Vor- und Nachteile verfügbarer Verfahren gegen einander abwägen. Die in den praktischen Übungen erworbenen Fertigkeiten befähigen die Studierenden, Optimierungsprobleme in Simulationsumgebungen zu implementieren und zu lösen. Die Kenntnisse der Lösungsverfahren erlauben es den Studierenden, die Ergebnisse des Lösungsverfahrens angemessen zu beurteilen; dies gilt sowohl für den Fall des Scheiterns des Verfahrens als auch für die Beurteilung einer gefundenen Näherungslösung.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Struktur und Formulierung von Optimierungsproblemen (Zielfunktion, Nebenbedingungen, Freiheitsgrade)</li><li>2. Optimierungsprobleme ohne Nebenbedingungen<ol style="list-style-type: none"><li>2.1 Optimalitätsbedingungen (notwendige und hinreichende Bedingungen)</li><li>2.2 Eindimensionale Optimierungsmethoden (äquidistante Suche, Interpolationsverfahren, goldener Schnitt)</li><li>2.3 Mehrdimensionale Optimierungsmethoden; Liniensuchrichtungen (sequentielle Variation der Variablen, steilster Abstieg, konjugierte Gradienten), Nelder-Mead-Verfahren, Newton-Methoden (Newton-Raphson, Quasi-Newton-Methoden, Gauss-Newton für quadratische Probleme)</li><li>2.4 Liniensuchmethoden (Wolfe-Bedingungen, „trust region“-Methode, „dogleg“-Methode, Marquardtverfahren)</li></ol></li><li>3 Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen<ol style="list-style-type: none"><li>3.1 Optimalitätsbedingungen (Karush-Kuhn-Tucker-Bedingungen), Eindeutigkeit der Lösung</li><li>3.2 Nichtlineare Programmierung (reduzierter Gradient, sequentielle quadratische Programmierung, „active set“-Strategie)</li><li>3.3 Straffunktionen, Barrierefunktionen</li><li>3.4 Lineare Programmierung (Simplexmethode nach Dantzig)</li></ol></li><li>4 Globale Optimierung<ol style="list-style-type: none"><li>4.1 Genetische Algorithmen</li><li>4.2 Evolutionäre Algorithmen</li></ol></li><li>5 Optimalsteuerung<ol style="list-style-type: none"><li>5.1 Optimalitätsbedingungen (Euler-Lagrange-Gleichungen) für unbeschränkte und beschränkte Probleme</li><li>5.2 Hamiltonfunktion</li></ol></li></ol>
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 h, Selbststudium: 78 h



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K120 / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

M. Sc. J. Bremer, FVST

**Literaturhinweise:**

M. Papageorgiou, *Optimierung*, Oldenbourg Verlag, München, 1996

J. Nocedal, S. Wright, *Numerical Optimization*, Springer-Verlag, New York, 2008

T.F. Edgar, D.M. Himmelblau, *Optimization of Chemical Processes*, McGraw-Hill, 1988

**8.32. Prozesssimulation (mit ASPEN)**

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



### 8.33. Prozess- und Anlagensicherheit

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



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-  
UND SYSTEMTECHNIK



### 8.34. Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen (Reaktionstechnik II)

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





**Literaturhinweise:**

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



### 8.35. Regenerative Elektroenergiequellen – Systembetrachtung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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 (42 h) selbständiges Arbeiten: Vorlesung nacharbeiten, Übungsaufgaben lösen, Prüfung vorbereiten (78 h)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 90 min. / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. M. Wolter, FEIT



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

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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



### 8.37. Simulation mechanischer Prozesse

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik

**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 turbulente 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>Literaturhinweise:</b> [1] Manuskript mit Text, Bildern und Übungen siehe <a href="http://www.ovgu.de/ivt/mvt/">www.ovgu.de/ivt/mvt/</a> [2] Schubert, H., Handbuch der Mechanischen Verfahrenstechnik, Wiley-VCH, Weinheim 2003



### 8.38. Systemverfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Systemverfahrenstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind befähigt, das dynamische Verhalten von örtlich verteilten Prozessen der Verfahrenstechnik, der Energietechnik und der Biosystemtechnik mittels mathematischer Modelle zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind in der Lage, physikalisch fundierte Modelle bestehend aus Kontinuumsbilanzen, kinetischen Ansätzen, thermodynamischen Zustandsgleichungen, Rand- und Anfangsbedingungen konsistent zu formulieren. Sie können geeignete numerische Lösungsverfahren sowohl für stationäre als auch für dynamische Simulationen auswählen, diese korrekt anwenden und Simulationen mit dem Computer durchführen. Sie können qualitative Aussagen über die Sensitivität und Stabilität der untersuchten Systeme treffen. Die Studierenden sind darüber hinaus befähigt, komplexe Modelle in geeigneter Weise so zu reduzieren, dass die Prozesssimulation bei hinreichender Genauigkeit möglichst effizient erfolgen kann. Sie sind in der Lage, die erzielten Simulationsergebnisse mit naturwissenschaftlich-technischen Argumenten zu interpretieren.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Thermodynamisch-mechanischer Zustand von Fluiden</li><li>2) Allgemeine Bilanzgleichungen für Kontinua</li><li>3) Konstitutive Gleichungen und Transportparameter</li><li>4) Thermodynamik der Gemische</li><li>5) Numerische Methoden zur Lösung partieller Differentialgleichungen</li><li>6) Simulationsmethoden für örtlich verteilte Prozesse</li><li>7) Modellierung mehrphasiger Prozesse</li><li>8) Methoden und Ansätze der Modellreduktion</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Simulationstechnik, Prozessdynamik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Schriftliche Prüfung (K120) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> 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.



### 8.39. Technische Kristallisation

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Technische Kristallisation

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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

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

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

**Inhalt**

## 1. Einführung in die Kristallisationswelt

- Kristallisation: Allgemeines, Ziele & Bedeutung, Prozess & Produkt
- Systematisierung und Eingrenzung der in der LV behandelten Aspekte

## 2. Kristallografische Grundlagen

- Kristalle & fester Aggregatzustand, Grundkonzepte der Kristallchemie
- Röntgenbeugung zur Untersuchung kristalliner Materialien

## 3. Fest/flüssig-Gleichgewichte, Phasendiagramme: Bedeutung, Vermessung, Anwendung

- Thermodynamische Grundlagen
- Schmelzgleichgewichte
- Lösungs-gleichgewichte

## 4. Kristallisationskinetik: Untersuchung und Beschreibung

- Kristallisationsmechanismen und metastabiler Bereich
- Einfluss von Fremdstoffen
- Populationsbilanzen

## 5. Polymorphie: Grundlagen, Bedeutung und Untersuchung

## 6. Kristallisationsverfahren: Von der Löslichkeit zur Fahrweise

- Zielgrößen & Prozesskette
- Batch- und kontinuierliche Kristallisation
- Beeinflussung der Korngröße

## 7. Apparate und Anlagen

- Grundbauarten industrieller Kristallisatoren
- Vom Kristallisor zur Anlage

## 8. Aufreinigung bei der Kristallisation

- Mechanismen
- Verteilungskoeffizient und Minimierung des Einbaus von Verunreinigungen

## 9. Industrielles Beispiel: Heißlöseverfahren zur Gewinnung von KCI





**Lehrformen:**

Vorlesung / Seminare

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Thermodynamik, Reaktionstechnik, Chemie

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

apl. Prof. H. Lorenz, MPI Magdeburg

**Literaturhinweise:**

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



#### 8.40. Thermal Power Plants

<b>Course:</b> Selective module for the master course Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Module:</b> Thermal Power Plants
<b>Objectives:</b> This courses discusses the various devices used to convert various sources of chemical energy, atomic or solar energy into electrical or mechanical power. The course focuses on plant design and control, efficiency and pollutant emission. This course applies the competence of the students in Thermodynamics, Heat and Mass Transfer, basic Physics and Combustion to the understanding of modern power plants design. The students are able to estimate the power, energy consumption, environmental impacts of various plants and engines and propose efficiency improvements. Note that this course has a strong overlap with the „Wärmekraftanlage“ course taught in German language, and students are not advise to visit both.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Global data of energy consumption</li><li><input type="checkbox"/> Overview of power cycles</li><li><input type="checkbox"/> The Rankine cycle and its optimization</li><li><input type="checkbox"/> Steam generators</li><li><input type="checkbox"/> Coal and Biomass Fired power plants</li><li><input type="checkbox"/> Solar-thermal power plants</li><li><input type="checkbox"/> Nuclear power plants</li><li><input type="checkbox"/> Reciprocating Engines</li><li><input type="checkbox"/> Gas turbines</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures with tutorials
<b>Prerequisites:</b> Thermodynamics, Heat and Mass Transfer, Combustion Engineering (not mandatory but advised)
<b>Workload:</b> 3 SWS Time of attendance: 42 h, Autonomous work: 78 h
<b>Examination/Credits:</b> written exam / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> JP B. Fond, FVST
<b>Literature:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Handouts and lectures slides to be downloaded on e-learning platform.</li><li>➤ Rogers and Mayhews, Engineering Thermodynamics: Work and Heat Transfer (4th Edition)</li></ul>



#### 8.41. Thermoelektrik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Thermoelektrik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Studierenden kennen die chemischen und physikalischen Grundlagen des thermoelektrischen Effekts und die prinzipiellen Möglichkeiten der Nutzung dieses Effekts zur Erzeugung von Elektroenergie.</li><li>• Sie kennen die grundlegenden Probleme bei der technischen Nutzung dieser Materialien.</li><li>• Darauf aufbauend können sie neue Strategien zur Lösung dieser Probleme interpretieren und weiterentwickeln.</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Seebeck-Effekt, Peltier-Effekt, Randbedingungen</li><li>• Anwendung von Metallen, Thermoelektrische Spannungsreihe</li><li>• Halbleitermaterialien, Dotierung</li><li>• Skutterudite, Clathrate und Zinkantimonid</li><li>• Perowskite</li><li>• Nanostrukturierte Materialien</li><li>• Neue Verarbeitungstechnologien</li><li>• Systemintegration</li><li>• Applikationen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminararbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundkenntnisse in Physik und Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS, 150 h (Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden, Seminararbeit mit Vortrag: 50 Stunden)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Mündliche Prüfung / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Scheffler, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Eigener Foliensatz vom Dokumentenserver OVGU ladbar</li><li>2. Introduction to Thermoelectricity, H. Julian Goldsmid, Springer-Verlag 2009</li></ol>



## 8.42. Toxikologie / Gefahrstoffe

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Toxikologie und Gefahrstoffe
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse auf den Gebieten der allgemeinen und speziellen Toxikologie sowie eine Einführung in das Gefahrstoffrecht. Sie sind in der Lage toxikologische Risiken unter Einbeziehung der erlernten Grundkenntnisse zu erkennen und zu bewerten.
<b>Inhalt</b> <b>Toxikologieteil:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Einführung in die Toxikokinetik und –dynamik (Resorption, Verteilung, Speicherung, Stoffwechsel und Ausscheidung von Fremdstoffen)</li><li>➤ Vorstellung toxikologischer Wirkprinzipien und der chemischen Kanzerogenese</li><li>➤ Wirkcharakteristika ausgewählter Stoffklassen (Lösungsmittel, Umweltschadstoffe, Metalle, Stäube, PAK, Dioxine ...)</li></ul> <b>Gefahrstoffteil:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gefahrstoff- und Chemikalienrecht</li><li>➤ Stör- und Gefahrstoffverordnung</li><li>➤ CLP-Verordnung</li><li>➤ Gefährdungsbeurteilungen nach GefStoffV</li><li>➤ Transport gefährlicher Güter</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, 2SWS
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS Präsenzzeit: 28h, Selbststudium: 62h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. L. Hilfert, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> [1] Manuskript der Vorlesung [2] Fuhrmann, G.F.: Toxikologie für Naturwissenschaftler, Teubner 2006 [3] Marquardt, H; Schäfer, S.G.: Lehrbuch der Toxikologie, Spektrum Akadem. Verlag, Berlin1997



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

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



#### 8.44. Trocknungstechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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 Abluffeuchten 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 Abluffeuchte 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



## 8.45. Umweltchemie

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Umweltchemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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

**Inhalt**

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





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

**Lehrformen:**

Vorlesung



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundlegende Kenntnisse in Anorganischer und Organischer Chemie

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS,

Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium + Prüfungsvorbereitung: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Klausur 120 min / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. M. Schwidder, FVST

**Literaturhinweise:**



#### 8.46. Wastewater and sludge treatment (WWST)

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Waste water and sludge treatment (WWST)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> The student should be able to <ul style="list-style-type: none"><li>• identify the relevant physical, chemical and biological properties of a wastewater</li><li>• understand the fundamentals of wastewater treatment technologies</li><li>• identify the relevant physical, chemical and biological properties of biosolids from wastewater treatment</li><li>• develop creative solutions for the treatment of wastewater and the control of emissions to surface water</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Constituents and analysis of waste water</li><li>• Principles of mechanical treatment processes</li><li>• Principles of biological treatment processes</li><li>• Principles of chemical treatment processes</li><li>• Activated sludge processes</li><li>• Biofilm processes</li><li>• Process selection</li><li>• Wastewater sludge treatment processes</li><li>• Disinfection processes</li><li>• Water reuse</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> lectures, tutorial and essay writing
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> bachelor in chemical or biological engineering or equivalent
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS lectures, tutorials: 42 h; private studies: 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> written exam / 5 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Frau Vergera, 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;

**8.47. Wirbelschichttechnik**

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<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
<b>Literaturhinweise:</b>



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.