

**Modulhandbuch für den**

**Studiengang**

**Umwelt- und Energieprozesstechnik**



## Inhaltsverzeichnis

1	Konzept unserer verfahrenstechnischen Ausbildung .....	5
1.1	Verfahrenstechnik als Ingenieurdisziplin.....	5
1.2	Das Studienkonzept .....	5
2	Beschreibung der Ziele des Studienganges.....	5
2.1	Ziele der verfahrenstechnischen Ausbildung .....	5
2.2	Ziele des Bachelorstudienganges Umwelt- und Energieprozesstechnik.....	6
2.3	Ziele des Masterstudienganges Umwelt- und Energieprozesstechnik .....	7
3	Bachelorstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Pflichtmodule .....	8
3.1	Mathematik I.....	8
3.2	Mathematik II.....	9
3.3	Stochastik.....	10
3.4	Simulationstechnik .....	11
3.5	Physik.....	12
3.6	Anorganische Chemie.....	13
3.7	Organische Chemie .....	15
3.8	Physikalische Chemie .....	16
3.9	Technische Mechanik .....	18
3.10	Konstruktionselemente I.....	19
3.11	Konstruktionselemente II und Apparatelemente als Blockveranstaltung.....	20
3.12	Werkstofftechnik.....	21
3.13	Allgemeine Elektrotechnik I.....	23
3.14	Allgemeine Elektrotechnik II.....	24
3.15	Technische Thermodynamik .....	25
3.16	Strömungsmechanik .....	27
3.17	Regelungstechnik.....	28
3.18	Messtechnik .....	29
3.19	Prozessdynamik I.....	30
3.20	Wärme- und Stoffübertragung .....	31
3.21	Mechanische Verfahrenstechnik .....	32
3.22	Apparatetechnik .....	34
3.23	Thermische Verfahrenstechnik .....	36
3.24	Wärmeanlagen .....	38
3.25	Umwelttechnik und Luftreinhaltung .....	40
3.26	Abwasserreinigung und Abfallbehandlung.....	41
3.27	Praktikum Umwelt/Energie.....	42
3.28	Verfahrenstechnische Projektarbeit .....	43
3.29	Nichttechnische Fächer.....	44
3.30	Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag .....	45
3.31	Bachelorarbeit .....	47
4	Bachelorstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Wahlpflichtmodule/Kernfächer Energietechnik .....	48
4.1	Fluidenergiemaschinen .....	48
4.2	Fuel Cells .....	50
4.3	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung.....	52
4.4	Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe.....	53
4.5	Verbrennungstechnik .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
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	Chemie, Wasser, Boden, Luft .....	60
6.3	Environmental Biotechnology .....	62
6.4	Transport phenomena in granular, particulate and porous media.....	63



6.5	Waste Water and Sludge Treatment.....	64
7	Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Kernfächer Energietechnik .....	65
7.1	Combustion Engineering.....	65
7.2	Fluidenergiemaschinen .....	66
7.3	Fuel Cells .....	67
7.4	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung.....	69
7.5	Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe.....	71
8	Masterstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik, Wahlpflichtmodule .....	72
8.1	Adsorption und heterogene Katalyse.....	72
8.2	Advanced Process Systems Engineering.....	74
8.3	Aufbereitungstechnik und Recycling.....	75
8.4	Biofuels – Sustainable Production and Utilisation .....	77
8.5	Chemie Wasser, Boden, Luft .....	79
8.6	Chemische Prozesskunde .....	81
8.7	Combustion Engineering.....	83
8.8	Computational Fluid Dynamics .....	84
8.9	Consequences of accidents in industry .....	86
8.10	Contracting.....	88
8.11	Control Toxic Trace Elements.....	89
8.12	Drying Technology .....	90
8.13	Dynamik komplexer Strömungen.....	92
8.14	Einsatz von Mikrowellen und Ultraschall in der Verfahrens- und Umwelttechnik.....	93
8.15	Electrochemical Process Engineering .....	94
8.16	Environmental Biotechnology .....	96
8.17	Fluidenergiemaschinen.....	97
8.18	Fuel Cells .....	99
8.19	Funktionale Materialien für die Energiespeicherung.....	101
8.20	Integrierte innovative Reaktorkonzepte .....	103
8.21	Kältetechnik.....	105
8.22	Mechanische Trennprozesse.....	106
8.23	Moderne Analysenmethoden / Instrumentelle Analyse .....	108
8.24	Numerik.....	109
8.25	Numerische Methoden an Beispielen aus der chemischen Verfahrenstechnik.....	110
8.26	Numerische Strömungsmechanik.....	111
8.27	Partikelmechanik und Schüttguttechnik.....	113
8.28	Präparationsprinzipien poröser Materialien .....	115
8.29	Process Engineering of Metals and Ceramics.....	116
8.30	Projektarbeit Verfahrensplanung .....	117
8.31	Prozessoptimierung .....	119
8.32	Prozesssimulation (mit ASPEN) .....	121
8.33	Prozess- und Anlagensicherheit .....	122
8.34	Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen (Reaktionstechnik II).....	123
8.35	Regenerative Elektroenergiequellen – Systembetrachtung.....	125
8.36	Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe.....	126
8.37	Simulation mechanischer Prozesse.....	127
8.38	Simulation der Partikeldynamik mittels Diskrete-Elemente-Methode (DEM) – Einsteiger ..	129
8.39	Simulation und Steuerung / Regelung der biologischen Abwasserreinigung.....	130
8.40	Statistische Planung und Auswertung von Versuchen .....	132
8.41	Systemverfahrenstechnik.....	133
8.42	Technik und Betrieb von Kraftwerken .....	135
8.43	Technische Kristallisation.....	136
8.44	Thermoelektrik .....	138
8.45	Toxikologie / Gefahrstoffe .....	139
8.46	Transport phenomena in granular, particulate and porous media.....	140
8.47	Trocknungstechnik.....	141
8.48	Umweltpsychologisches Seminar – Energiewende im Spannungsfeld von Gesellschaft und Technik.....	143



8.49	Wastewater and sludge treatment (WWST) .....	144
8.50	Wirbelschichttechnik .....	145



# 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 Ingenieursausbildung aus. Ausgangspunkt ist dabei die Vermittlung eines soliden Grundlagenwissens und detaillierten Verständnisses der physikalischen, chemischen und biochemischen Grundvorgänge. Darauf aufbauend werden alle ein Verfahren (System) ausmachenden Elemente (Prozesse, Teilprozesse, Mikroprozesse, elementaren Grundvorgänge) und deren Zusammenwirken in einer ganzheitlichen Analyse betrachtet. In die Problemlösung und Synthese werden methodische Konzepte aus der Systemtechnik und Signalverarbeitung einbezogen. Weiterhin wird 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.

8 Wochen Grundpraktikum vor Studienbeginn werden vorausgesetzt.

Der Studiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik ist konsekutiv aufgebaut: nach dem berufsqualifizierenden Bachelorabschluss wird ein fortführendes Masterstudium angeboten. Der Bachelorstudiengang Umwelt- und Energieprozesstechnik kann im Rahmen eines dualen Studiums mit einer betrieblichen Ausbildung kombiniert werden.

### 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	Wärmeanlagen	
	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 I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Mathematik I
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten erwerben grundlegende mathematische Fähigkeiten zur Modellierung und Lösung ingenieurtechnischer Problemstellungen Die Studierenden können lineare Gleichungssysteme lösen, einfache Funktionen differenzieren und integrieren. Sie können Kurvenintegrale berechnen. Die Studierenden verstehen wichtige mathematische Grundkonzepte für Modellierung in der Kontinuumsmechanik.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mathematische Grundbegriffe</li><li>• Grundlagen der Linearen Algebra</li><li>• Endlich-dimensionale euklidische Räume</li><li>• Differenzialrechnung für Funktionen einer und mehrerer Variablen</li><li>• Koordinatentransformationen</li><li>• Integralrechnung für Funktionen einer reellen Variablen</li><li>• Kurvenintegrale</li><li>• Numerische Aspekte der Themen, mathematische Software</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<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> Der jeweils verantwortliche Hochschullehrer ist dem aktuell gültigen Vorlesungsverzeichnis zu entnehmen. Prof. Dr. V. Kaibel <b>Weitere Dozenten:</b> Prof. Dr. M. Simon Prof. Dr. G. Warnecke



### 3.2 Mathematik II

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Mathematik II
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten erwerben, aufbauend auf den grundlegenden mathematischen Fähigkeiten zur Modellierung und Lösung ingenieurtechnischer Problemstellungen, die Kompetenz zur Beherrschung der für die fachwissenschaftlichen Module relevanten Konzepte und Methoden aus Analysis und Linearer Algebra. Die Studierenden können einfache gewöhnliche Differentialgleichungen lösen. Die Studierenden können einfache mathematische Optimierungsaufgaben lösen. Die Studierenden können mehrfache Integrale und Oberflächenintegrale lösen. Die Studierenden können fortgeschrittene Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme anwenden. Die Studierenden kennen wichtige Integralsätze und einige Grundlagen partieller Differentialgleichungen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Gewöhnliche Differenzialgleichungen</li><li>• Aspekte der Mathematischen Optimierung</li><li>• Weiterführende Inhalte der Linearen Algebra</li><li>• Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme</li><li>• Integralrechnung für Funktionen mehrerer reeller Veränderlicher</li><li>• Vektorfelder</li><li>• Oberflächenintegrale</li><li>• Integralsätze</li><li>• Grundlagen partieller Differentialgleichungen</li><li>• Numerische Aspekte der Themen, mathematische Software</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 126 Stunden, Selbststudium: 204 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 180 / 11 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Der jeweils verantwortliche Hochschullehrer ist dem aktuell gültigen Vorlesungsverzeichnis zu entnehmen. Prof. Dr. V. Kaibel <b>Weitere Dozenten:</b> Prof. Dr. M. Simon Prof. Dr. G. Warnecke



### 3.3 Stochastik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Stochastik für Ingenieure
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>— Die Studierenden erkennen zufallsbedingte Vorgänge und verstehen, diese mit stochastischen Methoden auszuwerten und entsprechende fundierte Entscheidungen zu treffen.</li><li>— Sie entwickeln Fähigkeiten zur Modellierung und Bewertung von Zufallsexperimenten und beherrschen grundlegende Regeln bei der Auswertung statistischer Daten.</li><li>— Die Studenten beherrschen die für die fachwissenschaftlichen Module relevanten Konzepte und Methoden aus der Stochastik.</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modellierung von Zufallsexperimenten</li><li>• Zufallsgrößen und ihre Kenngrößen</li><li>• Zufallsvektoren und Funktionen von Zufallsgrößen</li><li>• Unabhängigkeit von und Korrelation zwischen Zufallsgrößen</li><li>• Gesetze der Großen Zahlen und Zentraler Grenzwertsatz</li><li>• Statistische Analysen (Schätzer, Konfidenzbereiche, Tests von Hypothesen)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> apl. Prof. W. Kahle, FMA
<b>Literaturhinweise:</b> Christoph/Hackel: Starthilfe Stochastik, Vieweg+Teubner-Verlag 2010.



### 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 Programmiertechniken</li><li>• Funktionsaufrufe und Datenvisualisierung</li><li>• Numerische Lösung algebraischer, differentieller und integraler Gleichungen</li><li>• Simulation kontinuierlicher Systeme: Bilanzmodelle und chemischen Reaktoren</li><li>• Simulation diskreter Systeme: Verkehrsprobleme und biotechnologischen Modelle</li><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> Prof. F. T. Edelman, 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> Jun.-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. K.-H. Grote (FMB) <b>Lehrende:</b> Prof. K.-H. Grote, 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> PD Dr. D. Bartel, FMB, in Zusammenarbeit mit Prof. L. Deters



### 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, Härtemessung, Kreisversuch, Dynamische Beanspruchung – Kerbschlagbiegeversuch, Zyklische Beanspruchung, Bruchmechanik</li></ol> <b>Wintersemester</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Physikalische Eigenschaften Elektrische Eigenschaften, Ohmsches Gesetz und elektrische Leitfähigkeit, Einflussfaktoren auf die elektrische Leitfähigkeit in Metallen, Thermoelektrizität, thermische Eigenschaften, Wärmekapazität und spezifische Wärme, Thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit, Magnetische Eigenschaften, Magnetische Momente und Dipole, Magnetisches Feld und Induktion, Domänen und Hystereseschleife, Anwendungen der Hysteresekurve, Curie-Temperatur</li><li>2. Zerstörungsfreie Prüfung Radiographie und Radioskopie, Ultraschallverfahren, Weitere Verfahren</li><li>3. Chemische Eigenschaften – Korrosion</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum
<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 I

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



### 3.14 Allgemeine Elektrotechnik II

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



## 3.15 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, 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, Dampftafeln und Zustandsdiagramme, Tripelpunkt und kritischer Punkt, Clausius-Clapeyron'sche Gleichung, Zustandsänderungen mit Phasenumwandlung</li><li>13. Kreisprozesse mit Dämpfen, Clausius-Rankine-Prozess als Sattdampf- und Heißdampfprozesse, „Carnotisierung“ und Möglichkeiten der Wirkungsgradverbesserung (Vorwärmung, mehrstufige</li></ol>



Prozesse, ...) 14. Verluste beim Kraftwerksprozess, Kombiprozesse und Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung, Gas-Dampf-Mischungen, absolute und relative Feuchte, thermische und energetische Zustandsgleichung, Taupunkt
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Lehrveranstaltung des Sommersemesters baut auf die Lehrveranstaltung im Wintersemester auf
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 112 Stunden, Selbststudium: 188 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 180 / 10 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> 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>Lehrform:</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 im Praktikum sind sie in der Lage, mit konventionellen und optischen Messgeräten zu arbeiten, um integrale und lokale Größen zu bestimmen.</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><li>•</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>• Geschwindigkeitsmessung mittels Hitzdrahtanemometrie</li><li>• Klassische Messverfahren: Sonden für Geschwindigkeit, Massen- und Volumenstrom, Druck und Temperatur</li><li>• Klassische Messverfahren: integrierende Verfahren</li><li>• Datengewinnung: Methoden, Geräte</li><li>• Signalverarbeitung: FFT, PSD, Filterung, Korrelation</li><li>• Analogieverfahren</li><li>• Laseroptische Messverfahren: LDA, PDA</li><li>• Laseroptische Messverfahren: PIV, Schattenverfahren</li><li>• Laseroptische Messmethoden für Temperatur, Konzentration</li><li>• Optische Messverfahren: Schlieren, Interferometrie, Holographie, Absorption,</li><li>• Spektroskopie</li></ul>
<b>Lehrform:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Strömungsmechanik, Thermodynamik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / Leistungsnachweis für das Praktikum / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Thévenin, FVST <b>Lehrende :</b> Dr. K. Zähringer
<b>Literaturhinweise:</b> siehe <a href="http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Skripte_Messtechnik/Literaturverzeichnis.pdf">www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Skripte_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> <ul style="list-style-type: none"><li>[1] B.W. Bequette, <i>Process Dynamics</i>, Prentice Hall, New Jersey, 1998.</li><li>[2] D.E. Seborg, T.F. Edgar, D.A. Mellichamp, <i>Process Dynamics and Control</i>, John Wiley &amp; Sons, New York, 1989.</li><li>[3] B.A. Ogunnaike, W.H. Ray, <i>Process Dynamics, Modeling and Control</i>, Oxford University Press, New York, 1994.</li></ul>



### 3.20 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- 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> Prof. E. Specht, 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 Studenten

- erwerben physikalische Grundverständnisse wesentlicher 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 Probleme und definieren die Ziele wesentlicher Stoffwandlungsprozesse disperser Stoffsysteme (*Prozess-Diagnose*) und arbeiten mögliche Problemlösungen aus (*Prozessgestaltung*)
- entwickeln und festigen ihre Fertigkeiten bei der Auswahl, Auslegung, Gestaltung, der verfahrenstechnischen, energetischen und ökologischen Bewertung stochastischer und stationärer Prozesse,
- können in Grundzügen wesentliche mechanische Prozesse gestalten und die betreffenden Maschinen funktionell auslegen, siehe Inhaltsangabe 2. bis 8.

**Inhalt:**

1. Einführung, Kennzeichnung **disperser Stoffsysteme**, Partikelcharakterisierung, Partikelgrößenverteilungen, Mengenarten, statistische Momente, Verteilungskennwerte, Oberfläche, physikalische Partikelmessmethoden, Partikelform, Packungszustände
- 2.1 **Partikelherstellung** durch **Zerkleinerung**, Prozessziele, Festkörperbindungen, Materialverhalten und Bruchmechanik, Rissbildung, Beanspruchungsarten, Mikroprozesse der Zerkleinerung,
- 2.2 Bewertung und Kenngrößen des makroskopischen Prozesserfolges, Wirkprinzipien und Einsatzgebiete der Brecher und Mühlen, funktionelle Maschinenauslegung
- 3.1 **Trennung** von **Partikeln**, mechanische Trennprozesse, Kennzeichnung des Trennerfolges durch die Trennfunktion, Bewertung der Trennschärfe
- 3.2 **Siebklassierung**, Partikeldynamik, Wirkprinzipien und Einsatzgebiete von Siebmaschinen, funktionelle Maschinenauslegung
- 4.1 **Stromklassierung**, Partikelbewegung im Fluid, Strömungs- und Feldkräfte, stationäre Partikelsinkgeschwindigkeit,
- 4.2 Einführung in die Kennzeichnung turbulenter Strömungen, turbulente Partikeldiffusion, turbulente Gegen- und Querstromklassierung der Partikel in Wasser und Luft,
- 4.3 Trennmodelle, Wirkprinzipien und Einsatzgebiete turbulenter Gegenstrom- und Querstrom-Klassierapparate, Hydrozyklonauslegung, Gegenstrom- und Querstromwindsichter
5. Verschaltung von Zerkleinerungs- und Klassierprozessen
- 6.1 Transport und Lagerung von Partikelsystemen, **Wechselwirkungen**, molekulare Bindungen und mikromechanische Partikelhaftkräfte,
- 6.2 Makroskopische Spannungszustände, Fließkennwerte, Meßmethoden, Fließverhalten kohäsiver Pulver,
- 6.3 Probleme bei der praktischen **Pulverhandhabung**, Problemlösung mittels fließgerechter **Auslegung** von Massen- und Kernflusstrichtern
7. **Partikelformulierung** durch Agglomeration, Ziele der Agglomeration und physikalischen Produktgestaltung, Agglomeratfestigkeit, Wirkprinzipien und Einsatzgebiete von Pelletiermaschinen, Brikett-, Tabletten- und Walzenpressen
8. **Vermischen** von Partikeln, stochastische Homogenität, Mischkinetik, Wirkprinzipien und Einsatzgebiete von Feststoffmischern, Trommel- und Zwangsmischer, Durchströmbarkeit feiner Partikelpackungen und Homogenisierung in einer Wirbelschicht



**Lehrformen:**

Vorlesung, Übungen und praktische Übungen (Partikelmessstechnik, Zerkleinerung, Feinstklassierung, Pulverfließigenschaften)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Stochastik, Physik, Technische Mechanik, Strömungsmechanik I

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

mündliche Prüfung / Leistungsnachweis / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. Hintz, FVST

**Literaturhinweise:**

- [1] Manuskript mit Text, Bildern, Übungen und Praktikumsanleitungen siehe [www.ovgu.de/ivt/mvt/](http://www.ovgu.de/ivt/mvt/)
- [2] Schubert, H., Handbuch der Mechanischen Verfahrenstechnik, Wiley-VCH, Weinheim 2003
- [3] Schubert, H., Mechanischen Verfahrenstechnik, Dt. Verlag f. Grundstoffindustrie, Leipzig 1990



### 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 Kriterialequationen. Sie besitzen ein erstes Verständnis für den Betrieb derartiger Apparate und Anlagen. Sie haben durch eine Exkursion in einen Produktionsbetrieb (z. B. Zuckerfabrik) direkten Einblick in die Betriebsabläufe und die Funktionsweise von wichtigen Apparatetypen erhalten.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einführung, Aufgaben des Chemischen Apparatebaus, Überblick über wesentliche Grundlagen, Prinzipielle Methoden der Berechnung von Prozessen und zugehörigen Apparaten, Wichtige Gesichtspunkte für den Apparatentwurf</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:**

Jun.-Prof. F. Herz, 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. J. Sauerhering, FVST

**Lehrende:**

Dr. J. Sauerhering, Prof. E. Specht

**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, Adsorption, 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); Löhrr, 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. Mehrstufige Aero-Querstrom-Sortierung (MVT)</li><li>3. Verweilzeitmodellierung (TVT)</li><li>4. Rektifikation (TVT)</li><li>5. Gas-Motor-Wärmepumpe (ISUT)</li><li>6. Brennbare Flüssigkeiten (IAUT)</li><li>7. Brennbare Feststoffe (IAUT)</li><li>8. Bestimmung von Schwermetallen (IAUT)</li><li>9. Bestimmung von Wärmeübergangskoeffizienten mittels Infrarottechnik (ISUT)</li><li>10. 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>Modulverantwortlicher:</b> Dr. H. Woche, 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 zu vollständigen Beschreibung der Herstellung,</li><li>• Sammlung von Erfahrungen in der Gruppenarbeit und in der Präsentation,</li><li>• Entwicklung von sozialen Beziehungen zwischen den Studierenden des Studienganges.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <p>Für gegebene Produkte soll das Verfahren zur Herstellung beschrieben werden. Dazu sollen jeweils Versuche durchgeführt werden, um das Verhalten des Produktes während der Stoffumwandlung kennen zu lernen. In den Instituten stehen entsprechende Versuchsanlagen und Laborgeräte zur Verfügung. Zu jedem Projekt ist ein Ansprechpartner angegeben, der in die Versuche und Messungen einweist und für Diskussionen über die Verfahren bereit steht. So sollen z. B. Schnaps gebrannt, Kaffee geröstet, Getreide getrocknet, Bier gebraut, Zucker kristallisiert, Kalk gebrannt werden usw.</p> <p>Um Informationen über das Verfahren und den Prozess zu erhalten, soll vornehmlich das Internet genutzt werden. Für Versuche und Recherchen ist der Zeitraum des 1. Semesters vorgesehen. Mit dem Betreuer sind regelmäßig Treffen zu vereinbaren, bei dem über den Stand der Arbeiten berichtet wird. Während des 2. Semesters werden Verfahren und Prozess in einem Seminarvortrag allen Mitstudierenden vorgestellt. So weit möglich soll Powerpoint verwendet werden.</p>
<b>Lehrformen:</b> Übung mit Experimenten, Seminar
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Präsentation / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. E. Specht, 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

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Im Industriepraktikum haben die Studierenden Erfahrungen zu Arbeitsverfahren, Arbeitsmitteln und Arbeitsprozessen gesammelt. Sie kennen organisatorische und soziale Verhältnisse der Praxis und haben ihre eigenen sozialen Kompetenzen trainiert. Sie können die Dauer von Arbeitsabläufen zeitlich abschätzen. Sie können die Komplexität von Arbeitsabläufen und die Stellung des Ingenieurs im Gesamtkontext einordnen.

Durch die Exkursion haben die Studierenden einen Einblick in einen gesamten Verfahrensablauf erhalten und können die Größenordnung von Apparaten abschätzen.

Durch den Seminarvortrag können die Studierenden Ergebnisse und Erkenntnisse einem Publikum präsentieren und diesbezügliche Fragen beantworten. Sie erhalten ein Feedback über die Art und Weise ihres Vortrages und dessen Verständlichkeit.

**Inhalt:**

Das Industriepraktikum umfasst grundlegende Tätigkeiten und Kenntnisse zu Produktionstechnologien sowie Apparaten und Anlagen. Aus den nachfolgend genannten Gebieten sollen mindestens fünf im Praktikum in mehreren Abschnitten berücksichtigt werden. Das Praktikum kann in Betrieben stattfinden.

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

Für die Erarbeitung der Präsentation im Rahmen des Seminarvortrages werden fachübergreifende Themen angeboten, die die Zusammenführung der theoretischen Kenntnisse aus den Grundlagenmodulen und dem Wissen aus den fachspezifischen Gebieten fordert. Der Seminarvortrag umfasst eine eigenständige und vertiefte schriftliche Auseinandersetzung mit einem Problem aus dem Arbeitszusammenhang des jeweiligen Moduls unter Einbeziehung und Auswertung einschlägiger Literatur. In einem mündlichen Vortrag (mindestens 15 Minuten) mit anschließender Diskussion soll die Arbeit dargestellt und ihre Ergebnisse vermittelt werden. Die Ausarbeitungen müssen schriftlich vorliegen.

**Lehrformen:**

Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Keine

**Arbeitsaufwand:**

450 Stunden / 15 CP



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Praktikumsbericht, Teilnahmebescheinigung, Seminarvortrag

**Modulverantwortlicher:**

Prof. E. Specht (Prüfungsausschussvorsitzender)



### 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

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul zur Energietechnik Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Fluidenergiemaschinen

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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

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

**Inhalt**

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

**Lehrformen:**

V.: 2 SWS; Ü.: 1 SWS

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Strömungstechnik, Thermodynamik, Konstruktionslehre

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 5 CP



**Modulverantwortlicher:**

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

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul zur Energietechnik Bachelor 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:**

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

**Lehrformen:**

Lecture and tutorial

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

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

**Arbeitsaufwand:**

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

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Oral exam 60 min / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. I. Ivanov, 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. Saisonalspeicher Materialien: feste Systeme, flüssige Systeme Spezifische Anwendungen <b>2. Elektrische Energie</b> Akkumulatoren und Batterien: Übersicht, Arten, Einsatzgebiete gravimetrische und volumetrische Speicherdichte Standardpotentiale, Abhängigkeit von Temperatur des Systems und Konzentration der Reaktanden Nernst-Gleichung für die einzelnen Systeme Lade-/Entladekinetik; thermische Belastung; Auslegung Bilder existierender Anlagen Supercaps: Funktionsweise <b>3. Chemische Energie</b> Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung Adam- und Eva-Prozess <b>4. Druckluft</b> Speicherorte und Potentiale Funktionsweise <b>5. Schwungräder</b> Langsame, schnelle, Potentiale, Wirkprinzip <b>6. Sonstiges</b> z.B. Pumpspeicherwerke
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> 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, 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 are able to conduct energy and mass balances for different stoichiometric conditions. They can calculate for a given energy the air demand and the composition of the flue gas. They can apply the criteria for stable ignition, flash back a blow off. They know the conditions for explosions and detonations. They are able to design firings. They can estimate energy consumption and safety mechanism.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Characterizing of gaseous, liquid and solid fuels, oxygen and air demand</li><li>- Composition of combustion gas, influence of excess air number, specific flue gas amount, equilibrium of gas, dissociated components, hypostoichiometric combustion</li><li>- Combustion gas temperatures, firing efficiency, influence of heat recovery with air preheating, oxygen enrichment, using of gross heating values for heatings of houses</li><li>- Premixed flames, reaction mechanism, ignition, flame speed, distinguish distance, minimum ignition energy, stability</li><li>- Diffusion flames, mixing mechanism, flame length, stability</li><li>- Explosions and detonations</li><li>- Combustion of liquid fuels, mechanism, atomization</li><li>- Combustion of solid fuels, grinding, pyrolysis, reaction mechanism, ash behaviour</li><li>- Design of firings</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures with tutorials, excursions and experiments; (winter semester); (1. semester of master studies)
<b>Requirement for participation:</b> Thermodynamics
<b>Work load:</b> 3 hours per week, Time of attendance: 42 hours, Autonomous work: 108 hours
<b>Examination/Credits:</b> Written exam 120 min / 5 CP
<b>Responsibility:</b> Prof. E. Specht, FVST
<b>Literature:</b> Handsout and own written papers can be downloaded S. Turns: An introduction to combustion, Mc. Graw Hill



## 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> Prof. E. Specht, 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>Modulverantwortliche:</b> Prüfungsausschussvorsitzende



## 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>Ziele (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• kennen Quellen und Aufkommen fester Abfallstoffe, wie z.B. Siedlungsabfälle, Baureststoffe, Metall- und Elektronikschrotte, Kunststoffabfälle, Industrieabfälle und deren unterschiedliche Stoffeigenschaften (<i>Stoffanalyse</i>),</li><li>• analysieren die resultierenden verfahrenstechnischen, energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Probleme und Ziele des Wertstoffrecyclings unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen,</li><li>• verstehen und beherrschen die Grundlagen und die Problemanalyse wichtiger Aufbereitungsprozesse fester Abfälle (<i>Prozess-Diagnose</i>), wie Aufschlusszerkleinerung und Partikeltrennungen (Klassier- und Sortierprozesse),</li><li>• können in Grundzügen die Aufbereitungsprozesse, Maschinen und Apparate funktionell auslegen (<i>Prozessgestaltung</i>),</li><li>• entwickeln Problemlösungen durch kluge Kombination energetisch effizienter, mechanischer Prozesse der Abfallaufbereitung (<i>Verfahrensgestaltung</i>), des Wert- und Werkstoffrecyclings zwecks Erzeugung hochwertiger Recyclingprodukte (<i>Produktgestaltung</i>).</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Grundlagen</b> der <b>Aufbereitungstechnik</b> und des <b>Recyclings</b>, Prinzipien der Umweltpolitik, gesetzliche Rahmenbedingungen, komplexe Stoffkreisläufe und nachhaltige Wirtschaft</li><li>• <b>Physikalische Grundlagen</b> der <b>Charakterisierung</b> fester <b>Abfallstoffe</b>, Aufkommen, Inhaltsstoffe und Stoffeigenschaften fester Abfallstoffe, Probenahme, Partikelwechselwirkungen, Partikeltransport,</li><li>• <b>Aufschlusszerkleinerung</b>, Mechanisches Stoffverhalten, Beanspruchungsarten, Zerkleinerungsmaschinen für Abfälle mit zähem Stoffverhalten, Scheren, Reißer,</li><li>• <b>Klassierung von festen Abfällen</b>, Grundlagen, Prozesse und Maschinen des Klassierens,</li><li>• <b>Sortierung von festen Abfällen</b>, Grundlagen, Mikroprozesse, Prozesse und Maschinen des Sortierens (Dichtesortierung, Flotation, Magnetscheidung, Elektrosortierung, automatisches Klauben),</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:**

Dr. P. Müller, FVST

**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 Chemie Wasser, Boden, Luft

<b>Studiengang:</b> Kernfach zur Umwelttechnik Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Chemie Wasser, Boden, Luft
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden kennen die grundsätzlichen Zusammenhänge der chemischen Abläufe in den Umweltmedien Wasser, Boden und Luft. Sie können Gefährdungen durch den Eintrag von Stoffen in diese Medien abschätzen, sowie Strategien entwickeln, diese zu reduzieren. Die Studierenden sind darüber hinaus in der Lage analytische Methoden zur Bestimmung der charakteristischen Parameter von Wasser, Boden und Luft zu beschreiben.
<b>Inhalt</b> <u>a. Wasser</u> 1. Eigenschaften von Wasser und natürlichen Gewässern, pH-Wert Berechnung, Puffer, Wasserkreislauf, Wassernutzung, rechtliche Grundlagen zum Gewässerschutzrecht, Trinkwasser (Quellen, Aufbereitung), Abwasser (Quellen, Aufbereitung, Reinigung)  2. Schadstoffe im Wasser(Quellen Auswirkung auf Mensch und Umwelt), Schwermetalle (Mobilität, Toxizität), Spezielle Reaktionen von Schwermetallen (Quecksilber, Arsen,...), Chlorierte Kohlenwasserstoffe, Pestizide, Dünnsäureverklappung in der Nordsee, Reinigungstechniken für Schadstoffbelastete Gewässer  <u>b. Boden</u> 1. Aufbau des Bodens, Inhaltsstoffe, Wirkungsweise unterschiedlicher Boden-zusammensetzungen auf Organismen, Stickstoffkreislauf im Boden, Nährstoffe, Atmung  2. Schadstoffe im Boden, Versauerung, Schwermetalle, Pufferwirkung des Bodens  <u>c. Luft</u> 1. Zusammensetzung der Luft, Aufbau der Atmosphäre, Wichtige Vorgänge in der Troposphäre und Stratosphäre, Strahlungshaushalt  2. Arten und Quellen von Luftschadstoffen (Emission - Transmission - Immission) Schwefel- und Stickstoffstoffverbindungen (Saure Niederschläge, Waldschäden, Smog); Kohlendioxid und Methan und deren Einfluss auf den Treibhauseffekt; Ozon in Troposphäre und Stratosphäre, FCKW und deren Einfluss auf die Ozonschicht; Polychlordibenzodioxine und -furane; Stäube und Inhaltsstoffe (PAK, Schwermetalle)
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Anorganische Chemie (1. Semester), Organische Chemie (1. und 2. Semester)
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / K 90 / 5 CP



**Modulverantwortlicher:**

Dr. U. Busse, FVST

**weitere Lehrende:**

Dr. M. Schwidder, FVST

**Literaturhinweise:**

Taschenatlas der Umweltchemie, G. Schwedt (Thieme), Foliensatz



### 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> Prof. H. Köser, 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 are able to conduct energy and mass balances for different stoichiometric conditions. They can calculate for a given energy the air demand and the composition of the flue gas. They can apply the criteria for stable ignition, flash back and blow off. They know the conditions for explosions and detonations. They are able to design firings. They can estimate energy consumption and safety mechanism.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Characterizing of gaseous, liquid and solid fuels, oxygen and air demand</li><li>- Composition of combustion gas, influence of excess air number, specific flue gas amount, equilibrium of gas, dissociated components, hypostoichiometric combustion</li><li>- Combustion gas temperatures, firing efficiency, influence of heat recovery with air preheating, oxygen enrichment, using of gross heating values for heatings of houses</li><li>- Premixed flames, reaction mechanism, ignition, flame speed, distinguish distance, minimum ignition energy, stability</li><li>- Diffusion flames, mixing mechanism, flame length, stability</li><li>- Explosions and detonations</li><li>- Combustion of liquid fuels, mechanism, atomization</li><li>- Combustion of solid fuels, grinding, pyrolysis, reaction mechanism, ash behaviour</li><li>- Design of firings</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures with tutorials, excursions and experiments; (winter semester); (1. semester of master studies)
<b>Requirement for participation:</b> Thermodynamics
<b>Work load:</b> 3 hours per week Time of attendance: 42 hours, Autonomous work: 108 hours
<b>Examination/Credits:</b> Written exam 120 min / 5 CP
<b>Responsibility:</b> Prof. E. Specht, FVST
<b>Literature:</b> Handout and own written papers can be downloaded S. Turns: An introduction to combustion, Mc. Graw Hill



## 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 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><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> Oral exam 60 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. I. Ivanov, 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. Saisonspeicher 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> <p>The students should learn how to derive mathematical models for the analysis and design of complex chemical and biochemical production systems on different time and length scales (molecular level, particle level, continuum phase level, process unit level, plant level). The students will be able to model multiphase systems, including various phase combinations and interfacial transport phenomena. Furthermore students will learn to apply advanced model reduction techniques.</p>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Multilevel modelling concepts</li><li>• Molecular fundamentals of kinetics and thermodynamics</li><li>• Modelling of complex continuum systems</li><li>• Advanced process optimization techniques</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Bachelor in Verfahrenstechnik, oder einem verwandten Studiengang
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden (Nacharbeiten der Vorlesungen, Lösung von Übungsaufgaben, Prüfungsvorbereitung, Projektarbeit)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. K. Sundmacher, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> wird in der Vorlesung bekannt gegeben



### 8.3 Aufbereitungstechnik und Recycling

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master, Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Aufbereitungstechnik und Recycling
<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><li>•</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 Klauben),</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: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 4 CP



**Modulverantwortlicher:**

Dr. P. Müller, FVST

**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



#### 8.4 Biofuels – Sustainable Production and Utilisation

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Biofuels – Sustainable Production and Utilisation

**Ziele des Moduls:**

The students will get an overview of the conversion processes of biomass to various fuels. The energetic, economical and ecological aspects of the processes will be declared. The students will learn the differences between the thermochemical and biotechnological processes and they will understand the process limitations for various raw materials (e.g. starch vs. lignocellulosic raw materials). They will learn how to apply the common chemical reaction engineering modeling principles for biomass conversion processes and which are feasible model assumptions to describe the reactions and unit operations applicable for biofuel production processes.

Beyond the process engineering aspects the students will learn the principles to carry out a life cycle assessment (well-to-wheel). Over case studies they will learn how to critically apply the life cycle assessment analysis for the production and utilization of biomass based fuels. The importance of system boundaries, the principles of allocation and the credit method applicability will be declared.

Furthermore, 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 relevant scientific publications, and to report scientific published information appropriately.

**Inhalt:**

1. Renewable biomass sources in comparison to fossil sources
2. Biomass feedstock and intermediates, feedstock characterisation
3. Biofuels (ethanol, FAME, FT-Fuels, biogas, methanol, hydrogen)
  - Properties, utilization, comparison to fossil fuels
4. Production processes and applicable model description for the processes
  - Ethanol production processes (starch and sugar based and lignocellulosic based )
  - Biodiesel production: transesterification (base and acid catalysed and hydrogenation processes)
  - Thermochemical conversion: biomass gasification and pyrolysis
  - Fischer-Tropsch process for biomass-to-liquid (BTL) conversion
  - Algae biomass potential and utilisation for biofuel production (hydrogen and liquid fuel)
5. Sustainability of biofuel production and utilisation
  - Principles of LCA and case studies for biofuel production

**Lehrformen:**

Lectures as well as to carry out a guided scientific citation search and to prepare a literature survey

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Basic courses of chemistry and chemical engineering (Bachelor level)

**Arbeitsaufwand:**

presence: 28 hours (2 SWS), survey: 14 hours (1 SWS)



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

written exam / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. L. Rihko-Struckmann, MPI Magdeburg

**Literaturhinweise:**

lecture notes (partially free to download)



## 8.5 Chemie Wasser, Boden, Luft

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Chemie Wasser, Boden, Luft
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden kennen die grundsätzlichen Zusammenhänge der chemischen Abläufe in den Umweltmedien Wasser, Boden und Luft. Sie können Gefährdungen durch den Eintrag von Stoffen in diese Medien abschätzen, sowie Strategien entwickeln, diese zu reduzieren. Die Studierenden sind darüber hinaus in der Lage analytische Methoden zur Bestimmung der charakteristischen Parameter von Wasser, Boden und Luft zu beschreiben.
<b>Inhalt</b> <u>a. Wasser</u> 1. Eigenschaften von Wasser und natürlichen Gewässern, pH-Wert Berechnung, Puffer, Wasserkreislauf, Wassernutzung, rechtliche Grundlagen zum Gewässerschutzrecht, Trinkwasser (Quellen, Aufbereitung), Abwasser (Quellen, Aufbereitung, Reinigung)  2. Schadstoffe im Wasser(Quellen Auswirkung auf Mensch und Umwelt), Schwermetalle (Mobilität, Toxizität), Spezielle Reaktionen von Schwermetallen (Quecksilber, Arsen,...), Chlorierte Kohlenwasserstoffe, Pestizide, Dünnsäureverklappung in der Nordsee, Reinigungstechniken für Schadstoffbelastete Gewässer  <u>b. Boden</u> 1. Aufbau des Bodens, Inhaltsstoffe, Wirkungsweise unterschiedlicher Boden-zusammensetzungen auf Organismen, Stickstoffkreislauf im Boden, Nährstoffe, Atmung  2. Schadstoffe im Boden, Versauerung, Schwermetalle, Pufferwirkung des Bodens  <u>c. Luft</u> 1. Zusammensetzung der Luft, Aufbau der Atmosphäre, Wichtige Vorgänge in der Troposphäre und Stratosphäre, Strahlungshaushalt  2. Arten und Quellen von Luftschadstoffen (Emission - Transmission - Immission) Schwefel- und Stickstoffstoffverbindungen (Saure Niederschläge, Waldschäden, Smog); Kohlendioxid und Methan und deren Einfluss auf den Treibhauseffekt; Ozon in Troposphäre und Stratosphäre, FCKW und deren Einfluss auf die Ozonschicht; Polychlordibenzodioxine und -furane; Stäube und Inhaltsstoffe (PAK, Schwermetalle)
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Anorganische Chemie (1. Semester), Organische Chemie (1. und 2. Semester)
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit 42 Stunden, Selbststudium 78 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Klausur 90 min / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. U. Busse, FVST

**weitere Lehrende:**

Dr. M. Schwidder

**Literaturhinweise:**

Taschenatlas der Umweltchemie, G. Schwedt (Thieme), Foliensatz



## 8.6 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. 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



## 8.7 Combustion Engineering

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Combustion Engineering
<b>Objectives and Competence:</b> The students are able to conduct energy and mass balances for different stoichiometric conditions. They can calculate for a given energy the air demand and the composition of the flue gas. They can apply the criteria for stable ignition, flash back and blow off. They know the conditions for explosions and detonations. They are able to design firings. They can estimate energy consumption and safety mechanism.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Characterizing of gaseous, liquid and solid fuels, oxygen and air demand</li><li>- Composition of combustion gas, influence of excess air number, specific flue gas amount, equilibrium of gas, dissociated components, hypostoichiometric combustion</li><li>- Combustion gas temperatures, firing efficiency, influence of heat recovery with air preheating, oxygen enrichment, using of gross heating values for heatings of houses</li><li>- Premixed flames, reaction mechanism, ignition, flame speed, distinguish distance, minimum ignition energy, stability</li><li>- Diffusion flames, mixing mechanism, flame length, stability</li><li>- Explosions and detonations</li><li>- Combustion of liquid fuels, mechanism, atomization</li><li>- Combustion of solid fuels, grinding, pyrolysis, reaction mechanism, ash behaviour</li><li>- Design of firings</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures with tutorials, excursions and experiments; (winter semester); (1. semester of master studies)
<b>Requirement for participation:</b> Thermodynamics
<b>Work load:</b> 3 hours per week Time of attendance: 42 hours, Autonomous work: 78 hours
<b>Examination/Credits:</b> Written exam 120 min / 4 CP
<b>Responsibility:</b> Prof. E. Specht, FVST
<b>Literature:</b> Handout and own written papers can be downloaded S. Turns: An introduction to combustion, Mc. Graw Hill



## 8.8 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:**

Dr. G. Janiga, FVST

**Literaturhinweise:**

Ferziger and Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer



## 8.9 Consequences of accidents in industry

<b>Course:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Module:</b> Consequences of accidents in industry
<b>Objectives (competences):</b> The students are capable to identify, assess and evaluate the major safety hazards in the process industries, namely hazardous release of substances, fires, explosions and runaway reactions. Course participants are capable to apply mathematical tools to calculate concentration profiles for emission of toxic or otherwise harmful substances, fire effects like flame radius and height, radiative heat and explosion effects like overpressures in process equipment. Students learn about safe operation of chemical reactors and calculation of safety parameters like adiabatic temperature rise and time to maximum rate. The relevant analytical methods for thermal stability of substances (differential scanning calorimetry, thermogravimetric analysis, Dewar test, hot storage test) are also presented. Participants design event trees and fault trees for identification of plant damage states and the probable chain of undesired events. Assessment of individual and group risk from industrial accidents using probit functions and dose calculations is also included.
<b>Content</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction to industrial hazards, case studies, basics of risk assessment</li><li>• Emission and dispersion of neutral and heavy gases</li><li>• Toxicity of substances, the AEGL concept</li><li>• Release of liquids and gases from leakages</li><li>• Room fires, pool fires, heat radiation</li><li>• Hazardous exothermic reactions, thermal runaway</li><li>• Explosion hazards, explosion characteristic data</li><li>• Explosion protection</li><li>• Hazards from radioactivity</li><li>• Risk calculation, probit functions, probit distribution</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lecture and tutorials
<b>Prerequisites:</b> Mathematics, Chemistry, Thermodynamics, Fluid Dynamics
<b>Workload:</b> 3 hours per week Tutorials: 42 hours, Private Studies: 78 hours
<b>Examination/Credits:</b> K 120 / 4 CP
<b>Responsible Lecture:</b> Prof. U. Krause, FVST



**Literature:**

- [1] Mannan: Lee's Loss Prevention in the Process Industries (2003)
- [2] Hattwig, M; Steen, H., Handbook of Explosion Protection, Wiley-VCH, Weinheim 2004
- [3] Bussenius, S: Wissenschaftliche Grundlagen des Brand- und Explosionsschutzes, Kohlhammer, 1995
- [4] Schultz, Heinrich: Grundzüge der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre, Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH (1986)
- [5] Zenger, A.: Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung - Grundlagen und Praxis, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag (1988)
- [6] Stoessel, F; Thermal Safety of Chemical Processes, Wiley-VCH-Verlag, Weinheim, 2008



## 8.10 Contracting

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Contracting
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden erkennen das Contracting als eine intelligente Organisationsform zum Outsourcing von Energie- und Medienversorgung. Anhand von Umsetzungsbeispielen sind sie befähigt, Wirkungsmechanismen sowie für den Erfolg relevante Einflussfaktoren klar zu identifizieren und zu analysieren. Auf dieser Basis können sie Contractingprojekte entwickeln und umsetzen.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Geschichtliche Entwicklung, Varianten des Contracting, Wettbewerbssituation und Marktpotentiale von Contracting.</li><li>2. Contracting in einzelnen Wirtschaftssektoren – Chancen, Hemmnisse, Risiken.</li><li>3. Projektentwicklung von Contracting-Vorhaben; Berechnungsverfahren zum Energiebedarf, Planung, Auslegung und technische Realisationsvarianten von Energieerzeugungsanlagen innerhalb von Contracting-Modellen.</li><li>4. Betriebswirtschaftliche Aspekte des Contracting. Kalkulation von Contracting-Projekten, Wirtschaftlichkeit, Preisanpassung.</li><li>5. Rechtsrahmen für sowie Aufbau und Inhalt von Contracting-Verträgen. Aktuell diskutierte Rechtsfragen im Zusammenhang mit Contracting-Projekten. Contracting im Fokus von Politik und Klimaschutz.</li><li>6. Finanzierungsmodelle im Rahmen der Realisierung von Contracting-Vorhaben</li><li>7. Betriebsführung und Controlling von Contracting-Projekten, Risikomanagement.</li><li>8.</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS, Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. K. Gerhold, GETEC AG, Magdeburg / Prof. Dr. E. Tsotsas
<b>Literaturhinweise:</b> Bemann, Ulrich; Schädlich, Sylvia (Hrsg.): Contracting Handbuch 2003. Hack, Martin: Energie-Contracting. Recht und Praxis. München, 2003 Seefeldt, Friedrich; Wasielke, Angelika: Contracting-Potential in ausgewählten Segmenten und Regionen, Prognos AG, Berlin, Basel, 2006



### 8.11 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; (winter semester)
<b>Prerequisites:</b> combustion engineering
<b>Workload:</b> 3 SWS lectures and tutorials: 42 h; private studies: 78 h
<b>Examination/credits:</b> written exam / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Prof. H. Köser, FVST
<b>Literature:</b> script; D. Tillman: trace elements in combustion systems, academic press 1994; E. Merian: Elements and their compounds in the environment, Wiley-VCH 2004; G Nordberg: Handbook on the toxicology of metals, Elsevier 2008; A. Wang: heavy metals in the environment, CRC press 2009. A. Sengupta: environmental separation of heavy metals – engineering processes, Lewis Publ. 2002



## 8.12 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.



### 8.13 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 / 4 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>



8.14 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,</li><li>5. Schmelzen, Umkristallisation, Hochtemperaturprozesse, Mikrowellensynthese)</li></ol> <p><b>9 Technische Grundlagen des sonoinduzierten Leistungsschalls</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>6. (Schallerzeugung, -übertragung, Transducer, Messung der Schallleistung) 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



## 8.15 Electrochemical Process Engineering

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Electrochemical Process Engineering

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

In this course the students acquire physicochemical and engineering basics of electrochemical process engineering (EPE). In the first part the students learn fundamentals of EPE. They learn to determine the most important figures of merit in EPE, like current efficiency, yield and selectivity, specific energy consumption and space time yield. In the second part they acquire knowledge how EPE fundamentals are transferred into praxis to develop some of the most important electrochemical technologies. The lectures are followed by experimental laboratory courses which strengthen the relationship between theory and experimental methods in EPE. The students also learn to critically evaluate and analyse experimental data.

**Inhalt**

- Introduction (Fundamental laws, Figures of merit, Cell voltage)
- Basics of electrochemistry (Ionic conductivity, Electrochemical thermodynamics, Double layer, Electrochemical kinetics)
- Mass transport (Diffusion, Migration, Convection)
- Current distribution (Primary, Secondary, Tertiary)
- Electrochemical reaction engineering ( Electrolyte, Electrodes, Separators, Reactors, Mode of operation)
- Electrolysis (Chlor-alkali electrolysis, Organic electrosynthesis, Electroplating)
- Electrochemical energy sources (Batteries, Supercapacitors) and Corrosion and its control:

**Lehrformen:**

Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

- Basic knowledge in chemistry and physical chemistry
- Mass and heat transport
- Chemical reaction engineering

**Arbeitsaufwand:**

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

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. K. Sundmacher, FVST

**Lehrende:**

Dr. T. Vidaković-Koch, MPI Magdeburg



**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 / 4 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:**

Oral exam 60 min / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. I. Ivanov, 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. Saisonspeicher 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 / 4 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

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Integrierte innovative Reaktorkonzepte

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden

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

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

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

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

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

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

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

**Lehrformen:**

Vorlesung / Seminare

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Reaktionstechnik I



**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Ch. Hamel, FVST

**Empfehlung für begleitende Literatur:**

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



## 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. J. Sauerhering, FVST



## 8.22 Mechanische Trennprozesse

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Mechanische Trennprozesse
<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:**

Dr. P. Müller, FVST

**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 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



## 8.24 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> Prof. G. Warnecke, FMA <b>Weitere Lehrende:</b> Prof. F. Schieweck, apl. Prof. Dr. M. Kunik



## 8.25 Numerische Methoden an Beispielen aus der chemischen Verfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik (2016 nicht angeboten)
<b>Modul:</b> Numerische Methoden an Beispielen aus der chemischen Verfahrenstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• können verschiedene in der Verfahrenstechnik (Schwerpunkt chemische Verfahrenstechnik, Trenntechnik) auftretende mathematische Problemstellungen selbständig numerisch lösen</li><li>• sind in der Lage die Vielzahl der zugänglichen Werkzeuge einzuordnen und die für eine zu lösende Aufgabe geeigneten auszuwählen</li><li>• haben die Fähigkeit, die vorgestellten numerischen Werkzeuge sicher und effizient bei der Simulation von Prozessen der Verfahrenstechnik einzusetzen</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modellierung in der Verfahrenstechnik</li><li>• Entwicklung von Modellen zur Beschreibung von Reaktions- und Trennprozessen</li><li>• Numerische Lösungsverfahren für algebraische Gleichungssysteme</li><li>• Numerische Lösungsverfahren für Systeme gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen</li><li>• Bestimmung von Modellparametern, numerische Optimierungsverfahren</li><li>• Simulation verschiedener Reaktorkonfigurationen (Rechnerübungen)</li><li>• Simulationsprogramme in der Verfahrenstechnik</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Reaktionstechnik I, mathematische Kenntnisse
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Beleg / M / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Löwe, Chemische Reaktionstechnik mit MATLAB und SIMULINK, Wiley-VCH, 2001</li><li>• Müller-Erlwein, Computeranwendungen in der chem. Reaktionstechnik, VCH, 1991</li><li>• Press, Flannery, Numerical Recipes, Cambridge University Press, 1992</li></ul>



## 8.26 Numerische Strömungsmechanik

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Numerische Strömungsmechanik

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Numerische Strömungssimulationen (im Allgemeinen als *Computational Fluid Dynamics* 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 selbstständigen, effizienten und zielgerichteten Nutzung der numerischen Strömungssimulation für komplexe Strömungsprobleme befähigt. Sie besitzen ebenfalls das Verständnis zur kritischen Überprüfung von CFD-Ergebnissen.

**Inhalt**

- Einleitung, Organisation der Vorlesung. Geschichte und Bedeutung der CFD. Wichtigste Methoden für die Diskretisierung (Finite-Differenzen, Finite-Volumen, Finite-Elemente)
- Vektor- und Parallelcomputer, Superrechner. Optimale Berechnungsprozedur, Validierung, "best practice"-Richtlinien.
- Lineare Gleichungssysteme. Direkte Lösung und ihre Grenzen. Iterative Lösungsmethoden, Beispiele und Anwendung. Tridiagonale Systeme. Selbstständige Realisierung unter Aufsicht eines *Matlab*-Scripts für die Lösung einer einfachen Strömung in einer 2D-Kavität (Poisson-Gleichung).
- Auswahl/Einsatz guter Konvergenzkriterien und praktische Realisierung. Einfluss des Gitters und der Konvergenzkriterien auf die Lösung. Gitterunabhängige Lösung.
- Finite-Elementen: Einführung am Beispiel von *COMSOL*. Einführung in *COMSOL* und praktische Übung.
- Reihenfolge der praktischen CFD: CAD, Gittererzeugung und Lösung. *Best Practice* (ERCOFTAC) Anweisungen für die CFD. Praktische Verwendung des kommerziellen Programms *Gambit*, um CAD und Gittererzeugung durchzuführen.
- 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.
- Eigenschaften turbulenter Strömungen und Bedeutung dieser Strömungen. Turbulenzmodellierung. Berechnung der turbulenten Strömung an einer plötzlichen Querschnittserweiterung. Verteilung der Projekte.

**Lehrformen:**

Vorlesung mit Übungen und Computerpraktika

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Strömungsmechanik

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

PD Dr. G. Janiga, FVST

**Literaturhinweise:**

Ferziger and Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer



## 8.27 Partikelmechanik und Schüttguttechnik

### Studiengang:

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

### Modul:

Partikelmechanik und Schüttguttechnik

### Ziele des Moduls (Kompetenzen):

Die Studenten

- erkennen, analysieren und bewerten die verfahrenstechnischen Probleme und Ziele der Schüttguttechnik einschließlich ihrer energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen (*Prozess-Diagnose*),
- verstehen die physikalisch-chemischen Grundlagen der Mikroprozesse in der Partikelmechanik und die Makroprozesse in der Schüttgutmechanik
- wenden diese Erkenntnisse an, um Transport-, Umschlag-, Lager- und Handhabungsprozesse (TULH) einschließlich deren Maschinen, Apparate, Geräte und Einrichtungen verfahrenstechnisch und energetisch effizient auszulegen (*Prozessgestaltung*),
- entwickeln effiziente Problemlösungen durch kluge Kombination und Verschaltung mechanischer Prozesse und Handhabungseinrichtungen (*Verfahrensgestaltung*)
- erkennen und nutzen die Einheit von Stoffeigenschaften, Prozess-, Verfahrens-, Anlagen- und *Produktgestaltung*

### Inhalt

- **Aufgaben und Probleme** (Fehlerdiagnose) einer Siloanlage
- **Auslegungsschritte** (Therapie) einer Siloanlage
- **Einführung in die Partikelmechanik**, Kontaktmechanik haftender feiner, ultrafeiner und nanoskaliger Partikel, Partikelhaftkräfte und Mikroprozesse ihrer Bindungen, Messung der Partikelhaftkräfte
- **Einführung in die Mechanik kohäsiver Schüttgüter**, Grundlagen des Fließ-, Kompressions- und Verfestigungsverhaltens kohäsiver und kompressibler Pulver, Zweiachsiger Spannungszustand, Fließkriterien und Fließorte, Messung der Fließ-, Kompressions- und Verfestigungseigenschaften, Fließkennwerte und Durchströmungsverhalten impermeabler kohäsiver Pulver
- **Fließgerechte Auslegung eines Bunkers bzw. Silos**, Massen- und Kernflussbunker, minimaler Schäftdurchmesser, Austragsmassenstrom
- Auswahl der **Befüll- und Füllstandsmesseinrichtungen** sowie **Absperrorgane**, Normsilo
- **Silo- und Bunkerdruckberechnungen**, Scheibenelementmethode und räumliche Spannungsverteilungen, kritische mechanische Beanspruchungen der Silowände, Abschätzung der Wandstärken
- Auslegung und Einsatz von **Austragshilfen**,
- Auswahl und funktionelle Auslegung von **Austragsgeräten**,
- Einführung in die **Pulverdosierung**

### Lehrformen:

Vorlesung, Übungen mit studentischen Vorträgen

### Voraussetzung für die Teilnahme:

Mechanische Verfahrenstechnik, Technische Mechanik, Strömungsmechanik

### Arbeitsaufwand:

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. P. Müller, FVST

**Literaturhinweise:**

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

[2] Schulze, D., Pulver und Schüttgüter – Fließeigenschaften und Handhabung, Springer Berlin 2006

[3] Israelachvili, Intermolecular and surface forces, Academic Press London 1992



## 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 Syntheseprinzipien und Präparationsmethoden poröser Materialien</li><li>• Synthesestrategien und Verfahrensaspekte bei der Herstellung zeolithischer Materialien</li><li>• Beschreibung von hydrothermalen Silikatkristallisationsprozessen</li><li>• Kristallisationstechniken und -verfahren</li><li>• Charakterisierungsmöglichkeiten poröser Produkte</li><li>• Herstellungsverfahren amorpher Kieselgele und poröser Gläser</li><li>• Klassische Al-reiche Zeolithe und hochsilikatische Produkte</li><li>• Aluminiumphosphate – Neue Materialien mit interessanten Porengeometrien und Applikationen</li><li>• Mesoporöse Materialien – Produkte mit Porengrößen in neuen Bereichen</li><li>• Metall-organische Gerüstverbindungen (MOF)</li><li>• Spezialitäten – Maßgeschneiderte Eigenschaften durch spezielle Kristallisationsverfahren</li><li>• Schichtsilikate als Basissystem für 3D-vernetzte Materialien</li><li>• Trägergestützte Kristallisation</li><li>• Postsyntheseverfahren zur Eigenschaftseinstellung</li><li>• Formgebung – Wichtiger Verfahrensschritt vor dem Einsatz</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<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> Prof. F. Scheffler, 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 Process Engineering of Metals and Ceramics

<b>Course:</b> Selective Modules Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Process Engineering of Metals and Ceramics
<b>Objectives and Competence:</b> The students understand coupled processes of simultaneous heat transfer, mass transfer and chemical reactions. They know the mechanism to identify the rate determining steps. They can assess processes applying energy and molecular balances for the thermal engineering of the production of inorganic materials. They are able to connect different fields of chemical and energy engineering for the total production chain starting from raw materials until the wanted product of high quality.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Manufacturing process of steel, basic reactions, handling of raw material</li><li>- Thermal and chemical treatment of raw materials in shaft kilns and cupola furnaces (reaction kinetics, heat and mass transfer, fluid dynamics)</li><li>- Modeling of lime calcination as example</li><li>- Thermal and chemical treatment of materials in rotary kilns</li><li>- Manufacturing process of ceramics, shaping, drying, sintering</li><li>- Thermal and chemical treatment of shaped material in roller kilns and tunnel kilns</li><li>- Casting and shaping processes of metals (steel, copper, aluminium)</li><li>- Freezing and melting processes</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures with experiments and excursions
<b>Requirement for participation:</b> Thermodynamics, Heat Transfer, Physical Chemistry, Combustion Engineering
<b>Work load:</b> 3 SWS Time of attendance: 42 hours Autonomous work: 78 hours
<b>Examination/Credits:</b> Oral exam / 4 CP
<b>Responsibility:</b> Prof. E. Specht, FVST <b>Other Lecturer:</b> Dr. Urlaub, Schmolz & Bickenbach
<b>Literature:</b> Handout for Download



### 8.30 Projektarbeit Verfahrensplanung

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Projektarbeit Verfahrensplanung

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studenten

- 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
- 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
- entwickeln und festigen ihre Fertigkeiten aus den Grundlagenfächern bei der Auswahl, Auslegung, Gestaltung von Verfahren
- können fächer- und lernbereichsübergreifende Beziehungen und Zusammenhänge herstellen und anwenden

**Inhalt:**

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:

- Literaturrecherche zum Stand der Technik
- Überblick über gegenwärtige Verfahren für die formulierte Aufgabenstellung
- Diskussion aller für den Prozess (z.B. Steamcracken) wesentlichen Apparate bzw. Prozessschritte
- Detailstudien wesentlicher Komponenten (nach Absprache) in Form modellbasierter Studien
- Sicherheitstechnische Aspekte
- Abschätzung der Investitions- und Betriebskosten

**Lehrformen:**

Projektarbeit

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Reaktionstechnik I, Thermische-, Mechanische- und Systemverfahrenstechnik

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

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



### 8.31 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:**

Dr. R. Flassig, 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)

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Prozesssimulation (mit ASPEN)

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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. *Aspen Plus* und *Aspen Dynamics*). Die Studenten werden in die Lage versetzt, Simulationswerkzeuge eigenständig und zielführend für den konzeptionellen Prozessentwurf und für die Bewertung unterschiedlicher Prozessvarianten einzusetzen.

**Inhalt:**

- Einführung in die industrielle Prozessentwicklung
- Einführung in den Simulator *Aspen Plus* für die stationäre Prozesssimulation
- Stoffdaten (Reinstoffe, Gemische), Phasengleichgewichtsmodelle
- Apparate-Modellierung:
  - Chemische Reaktoren (Modelle)
  - Trennapparate (Destillation, Extraktion)
  - Wärmetauscher
  - Mischer, Separatoren
  - Pumpen, Verdichter
- Rückführungen, Synthese von Trennsequenzen, Verschaltung zum Gesamtprozess
- Flowsheet-Simulation ausgewählter Beispielprozesse in *Aspen Plus*
- Short-cut Methoden für Einzelapparate und für die Prozesssynthese
- Vorstellung der dynamischen Prozesssimulation mit *Aspen Dynamics*

**Lehrformen:**

2 SWS Vorlesung, 1 SWS Übung

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Prozessdynamik, Systemverfahrenstechnik, Thermische Verfahrenstechnik, Chemische Reaktionstechnik

**Arbeitsaufwand:**3 SWS,  
Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

M 30 / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. A. Voigt, FVST

**Literaturhinweise:**

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

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Prozess- und Anlagensicherheit

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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.

**Inhalt:**

- Gefährdungen aus verfahrenstechnischen Prozessen: Stoff-Freisetzung, Brand, Explosion
- Fallstudien zu unerwünschten Ereignissen (Seveso, Bhopal, Mexico-City, Flixborough u.a.)
- Methoden der sicherheitstechnischen Bewertung von Stoffen, Stoffgemischen und Reaktionen dieser (Dynamische Differenzkalorimetrie, Thermogravimetrische Analyse, Sedex-Verfahren, Dewar-Test)
- Sicherheitstechnische Kenngrößen für das Brand- und Explosionsverhalten und deren Bestimmungsverfahren (Mindestzündtemperatur, Mindestzündenergie, Explosionsgrenzen, maximaler Explosionsdruck, maximaler zeitlicher Druckanstieg, Sauerstoffgrenzkonzentration)
- Mathematische Modelle für die Berechnung der Stoffausbreitung von Leicht- und Schwergasen
- Mathematische Modelle für die Berechnung von Explosionswirkungen (Multi-Energie-Methode)
- Qualitative Methoden zur Gefährdungsbewertung (Layer of Protection Analysis, Hazard and Operability Studies)
- Einführung in die Quantitative Risikoanalyse, Ereignis- und Fehlerbaummodelle, Erstellung ortsabhängiger Risikographen

**Lehrformen:**

Vorlesung mit Übung und Experimenten

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

keine

**Arbeitsaufwand:**

2 SWS,  
Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

schriftlich / K 90 / 3 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. U. Krause, FVST

**Literaturhinweise:**

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



### 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 / 4 CP



**Modulverantwortliche:**

Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST / Prof. Ch. Hamel

**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) / 4 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



<p>Walzenspalt, Auslegung von Walzenpressen</p> <p>8. <b>Beschichtung</b> kohäsiver Pulver mit Additiven zwecks physikalische Produktformulierung, stochastische Homogenität und Mischkinetik in Hochleistungs-Zwangsmischern</p>
<p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Übungen</p>
<p><b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mechanische Verfahrenstechnik</p>
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden</p>
<p><b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweis / Mündliche Prüfung / 4 CP</p>
<p><b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. W. Hintz FVST</p> <p><b>Lehrende:</b> Dr. Hintz, Dr. P. Müller,</p>
<p><b>Literaturhinweise:</b> [1] Manuskript mit Text, Bildern und Übungen siehe <a href="http://www.ovgu.de/ivt/mvt/">www.ovgu.de/ivt/mvt/</a> [2] Schubert, H., Handbuch der Mechanischen Verfahrenstechnik, Wiley-VCH, Weinheim 2003</p>



### 8.38 Simulation der Partikeldynamik mittels Diskrete-Elemente-Methode (DEM) – Einsteiger

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozessstechnik

**Modul:**

Simulation der Partikeldynamik mittels Diskrete-Elemente-Methode (DEM) - Einsteiger

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studenten

- erkennen und analysieren die verfahrenstechnischen Problemstellungen und definieren die Simulationsziele der mechanischen Prozesse (*Prozess-Diagnose*),
- verstehen die mechanischen Grundlagen der Partikeldynamik und Kontaktmechanik, wenden diese auf verfahrenstechnische Problemstellungen an, ergänzen die notwendigen Bilanzmodelle, formulieren die Randbedingungen des Prozessraumes und setzen dies in numerische Lösungsalgorithmen innerhalb der kommerziellen Simulationsprogramme um (*Programmgestaltung*).

**Inhalt**

- Einführung in die numerische Simulation, Finite-Elemente-Methode, Diskrete-Elemente-Methode, Grundidee
- Itasca-Software "Particle Flow Code", Programmversionen, Studentenversion PFC<sup>2D</sup>, Programmiererebenen, Basis-Befehle,
- Partikelwechselwirkung und Kontaktkräfte, Zerlegung der Kontaktkraft in eine Normal- und eine Scherkomponente, Kontaktkräfte dargestellt als freie ungedämpfte Federschwingung, Elastizitätstheorie (Hertz), Dämpfungsansätze,
- Diskrete-Elemente-Methode, Berechnungsablauf, Berechnung in Zeitschritten, Bewegungsgleichungen für jedes Primärpartikel, Kontakt- und Festkörperbrückenmodell, Wechselwirkungen zwischen Primärpartikeln,
- Berechnungsbeispiele (Translationsbewegung zweier in Kontakt stehender Primärpartikel „balls“), Startwerte, Start-Geometrie, Berechnung der Kräfte zum Startzeitpunkt, Berechnung der Geschwindigkeit und Position, Zeitschritte, differentielle Skalierung der Dichte, mechanische Dämpfung: Verlust (Dissipation) von kinetischer Energie, viskose Dämpfung

**Lehrformen:**

Vorlesung und Programmier-Übungen

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mechanische Verfahrenstechnik, Technische Mechanik

**Arbeitsaufwand:**

2 SWS

Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / K / 3 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. P. Müller, FVST

**Literaturhinweise:**

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

[2] -, Particle Flow Code in 3 Dimensions, Manual, Version 3.1, Itasca Consulting Group Inc. 2005

[3] T. Pöschel, T. Schwager, Computational granular dynamics, Springer Berlin 2005



### 8.39 Simulation und Steuerung / Regelung der biologischen Abwasserreinigung

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:** Simulation und Steuerung/Regelung der biologischen Abwasserreinigung

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Ziel des Moduls ist der Erwerb von Kompetenzen zur Methode der dynamischen Simulation als ingenieurtechnisches Instrumentarium für die Planung abwassertechnischer Anlagen. Als Grundlage der Simulation biologischer Kläranlagen werden Kenntnisse zu Modellen der biologisch-chemischen Umwandlungsprozesse im Belebtschlamm und zu ergänzenden Modellen (z.B. Sedimentationsmodellen) vermittelt. Dabei wird auf die grundlegenden Methoden der Modellerstellung über theoretische Prozessanalysen und teilweise auch auf Ansätze zur experimentellen Prozessidentifikation eingegangen.

Der Modul zielt auf ein fundiertes Verständnis der Standard-Belebtschlammmodelle (z.B. des ASM 3 - Activated Sludge Model 3). Die Methodik zur Durchführung von Simulationsstudien von Kläranlagen wird vermittelt und am Beispiel eines konkreten Simulationssystems demonstriert. Anwendungsmöglichkeiten der Simulation werden diskutiert und insbesondere auf die gemeinsame Betrachtung von Prozessverhalten und von Mess-, Steuerungs- und Regelungskonzepten eingegangen.

Der Modul dient ferner dem Erwerb von Kompetenzen zu typischen Regelungskonzepten für Kläranlagen und zur simulativen Analyse solcher Regelungskonzepte. Ausgewählte Grundlagen der Regelung sind in das Modul integriert, um darauf aufbauend die Vorgehensweise bei der Konzeption und Realisierung von Mess-, Steuerungs- und Regelungsmaßnahmen zu vermitteln.

**Inhalt**

- Einführung in das Modul mit: Struktur des Moduls, organisatorische Fragen, inhaltliche Abgrenzung; Beschreibung der Anwendungsfelder der Simulation anhand von Beispielen  
Kompetenzvermittlung zu Grundlagen der Modellierung von Kläranlagen, zu Stoffbilanzen, Erhaltungssätzen, zu Reaktortypen (CSTR, PFR, SBR)
- Kompetenzvermittlung zur Modellierung mikrobiologischer Prozesse mit den Schwerpunkten: Ernährungstypen, Kinetik, Stöchiometrie, Vorstellung der Belebtschlammmodelle ASM
- Vermittlung von Kenntnissen zu Stoffgruppen und Prozessen zur Beschreibung der Stickstoff- und Kohlenstoff-Elimination  
Stoffgruppen und Prozesse zur Beschreibung von biologischer und chemischer P-Elimination
- Simulation von Kläranlagen: Vorstellung eines allgemeinen Simulationssystems (Matlab/Simulink/SIMBA);  
Vermittlung von Kompetenzen zu Modellaufbau (Verschaltung von Simulationsblöcken), Zulaufmodellierung und Datenaufbereitung, Modellkalibrierung und Modellverifikation  
Anwendung der Simulation: Vermittlung des grundlegenden Verständnisses zum Zusammenspiel von stationärer Bemessung und dynamischer Simulation; Entwicklung und Analyse von Mess-, Steuerungs- und Regelungskonzepten  
Vermittlung von Kompetenzen zur Steuerung und Regelung von Kläranlagen; Vorstellung von Regelungskonzepten; Hinweis auf das Merkblatt DWA-M 268 „Steuerung und Regelung der Stickstoffelimination beim Belebungsverfahren“ der DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- Analyse und Synthese von Sauerstoffregelungen als Kern der Prozessregelung von Kläranlagen, die nach dem Belebtschlammprinzip arbeiten  
Kompetenzvermittlung zur Methodik für den Entwurf von Sauerstoffregelungen sowie Vorstellung von Verfahrensregelungen für die N- und P-Elimination; Behandlung praxisrelevanter Effekte und Randbedingungen;
- Einführung zu weitergehenden Fragen der Spezialmodellierung, Vorstellung alternativer Modellierungsansätze (FUKA), Biofilmmodellierung



**Lehrformen:**

Vorlesung (1 SWS), begleitende Übung (1 SWS, Gestaltung in Blockform zu zwei Einzelterminen als Simulationspraktikum im Rechnerlabor)

**Voraussetzung für die Teilnahme:** Der vorherige oder parallele Besuch der Lehrveranstaltung „Abwasserreinigung und Klärschlamm Entsorgung“ wird empfohlen.

**Arbeitsaufwand:**

2 SWS

Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 3 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. F. Uhlenhut in Zusammenarbeit mit Dr. Alex und Prof. Jumar



#### 8.40 Statistische Planung und Auswertung von Versuchen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Statistische Planung und Auswertung von Versuchen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit, experimentelle Daten aus Produktionsprozessen mit statistischen Methoden auszuwerten. Sie können Regressionsrechnungen, Regressionsanalysen und Korrelationsanalysen für lineare sowie für nichtlineare Prozessmodelle durchführen. Sie sind in der Lage die Vertrauensbereiche von Modellparametern zu ermitteln. Die Studierenden beherrschen grundlegende Arbeitstechniken der Versuchsplanung für Modelle ersten und zweiten Grades (orthogonale, zentrale und zusammengesetzte Versuchspläne).
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundbegriffe und Definitionen der Statistik: Variable, Parameter, Modelle, Regression, Planung</li><li>• Statistische Grundlagen: Zufall, Wahrscheinlichkeit, Verteilungen, Stichprobe, Varianz, Schätzung, Vertrauensbereiche</li><li>• Lineare Modelle: Parameter, Einfache Regression, Korrelations- und Regressionsanalyse, Vertrauensintervalle, Varianz und Kovarianz, Multiple Regression</li><li>• Nichtlineare Modelle: Linearisierung, Iterative Regressionsverfahren</li><li>• Versuchsplanung: Modelle 1. und 2. Grades, Faktorielle Versuchspläne, Blockfaktorpläne, Orthogonale, zentrale und zusammengesetzte Versuchspläne, Rotierte Versuchspläne, Zuverlässigkeit</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Mündliche Prüfung / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. R. Flassig, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> [1] E. Kreyszig, <i>Statistische Methoden und ihre Anwendungen</i> , Vandenhoeck & Ruprecht. [2] K.-R. Koch, <i>Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models</i> , Springer. [3] K. Siebertz, D. Van Bebber, T. Hochkirchen, <i>Statistische Versuchsplanung: Design of Experiments (DoE)</i> , Springer. [4] D. C. Montgomery, <i>Design and Analysis of Experiments</i> , John Wiley & Sons.



#### 8.41 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) Simulationen für örtlich verteilte Prozesse</li><li>7) Modellierung mehrphasiger Prozesse</li><li>8) Methoden und Ansätze der Modellreduktion</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übung; (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) / 4 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.



## 8.42 Technik und Betrieb von Kraftwerken

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Technik und Betrieb von Kraftwerken
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten können ingenieurwissenschaftliche Grundlagen für die Technik und den Betrieb von Kraftwerken umsetzen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Energiequellen der Stromerzeugung</li><li>• Planungsgrundlagen für den Bau von Kraftwerken</li><li>• Komponenten von Kraftwerken (Feuerung, Dampferzeuger, Turbine, Rauchgasreinigung, Gebläse und Pumpen, Elektrotechnik, Leittechnik)</li><li>• Ver- und Entsorgung von Betriebsmitteln und Reststoffen</li><li>• Werkstoffe in Kraftwerken</li><li>• Brennstoffe</li><li>• Zukünftige Kraftwerkstechnik / Energieerzeugung</li><li>• Energiewirtschaft in Deutschland (Strommärkte/Stromhandel, CO<sub>2</sub>-Zuteilung und Handel)</li><li>• Betrieb von Kraftwerken (Einsatzplanung, Netzanforderungen, Betriebssteuerung)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung und Exkursion in einem Kraftwerk
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / M / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dipl.-Ing. M. Schönrok; Dr. D. Gabel, FVST



### 8.43 Technische Kristallisation

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Technische Kristallisation

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Kristallisation ist ein Stofftrennverfahren, das den thermischen Prozessen der Verfahrenstechnik zuzuordnen ist. Das Ziel der Kristallisation, nämlich die Gewinnung einer kristallinen Phase, die als End- oder Zwischenprodukt weiter verwendet werden kann, stellt nur einen Teil aller denkbaren Aufgabenstellungen für Kristallisationsverfahren dar (Trennung eines Stoffgemisches, Reinigung der Lösung, Rückgewinnung eines Lösungsmittels etc.). Sowohl Einkristallverfahren als auch die Massenkristallisation sind aus der heutigen Praxis nicht mehr wegzudenken. Um diesen alten, aber teilweise bis heute noch nicht vollständig verstandenen Prozess näher zu beleuchten, sind Kenntnisse aus mehreren Disziplinen (Thermodynamik, Chemie, Physik, Reaktionstechnik, Thermische & Mechanische Verfahrenstechnik, Fluidodynamik, Kristallographie, Mathematik) notwendig. Daher ist die Kristallisation ein Paradebeispiel für ein interdisziplinäres Fachgebiet. Diese Vorlesung ist derart konzipiert, dass aufbauend auf den Grundlagen konkrete Beispiele aus Forschung & Technik behandelt werden.

**Inhalt**

## 1. Einleitung

- Kurze Einführung und Eingrenzung der in der Vorlesung präsentierten Aspekte
- Systemeigenschaften (Löslichkeit, Triebkraft, metastabiler Bereich MZW)
- Kristallisationsarten (Lösungs-, Verdampfungs- und Schmelzkristallisation)
- Fällung

## 2. Physikalisch-chemische Grundlagen

- Thermodynamische Aspekte (Löslichkeiten, Phasengleichgewichte, Einfluss von Temperatur, pH-Wert, Verunreinigungen etc.)
- Kinetische Aspekte (MZW; Kristallwachstum, Kristallauflösung; primäre & sekundäre Keimbildung; Agglomeration; Kristallabrieb; Reifungsprozesse)
- Statistische Analyse & Parameterschätzung

## 3. Ausgewählte analytische Messmethoden

- Charakterisierung der flüssigen Phase (Dichtemessung, Viskosimetrie, Refraktometrie, Ultraschall, Polarimetrie etc.)
- Charakterisierung der festen Phase (Mikroskopie, faseroptische Sonden, Laserdiffraktometrie, FBRM etc.)

## 4. Kristallographische Grundlagen

- Kristallhabitus, Morphologie (Millersche Indizes, Kristallsysteme), Polymorphie

## 5. Populationsbilanzen

- Kristallgrößenverteilungen (Verteilungsarten, Momente einer Verteilung)
- Partikelcharakterisierung

## 6. Mathematische Beschreibung von Kristallisationsprozessen

- Modellierung & Simulation von Kristallisationsprozessen (Batch- & Conti-Kristallisation)
- Optimierung eines Kristallisationsprozesses

## 7. Anwendungsbeispiele aus Industrie &amp; Forschung

- Industrielle Kristallisation (Einsatzgebiete, Bauarten von Kristallisatoren etc.)
- Kristallisation als Trennmethode zur Gewinnung reiner Enantiomere

**Lehrformen:**

Vorlesung / Seminare



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Thermodynamik, Reaktionstechnik, Chemie, Mathematische Grundlagen

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

apl. Prof. H. Lorenz, MPI Magdeburg

**Literaturhinweise:**

- Atkins, P.W. (2004): *Physikalische Chemie*, 3. Auflage, Wiley-VCH Weinheim
- Gmehling, J.; Brehm, A. (1996): *Grundoperationen. Lehrbuch der Technischen Chemie, Band 2*, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York
- Mullin, J.W. (1997): *Crystallization*, 3rd edition, Butterworth-Heinemann Oxford
- Mersmann, A. (2001): *Crystallization technology handbook*, 2nd edition, Marcel Dekker Inc. New York
- Vauck, W.R.A., Müller, H.A. (1994): *Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik*, 10. Aufl., Dt. Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig
- Hofmann, G. (2004): *Kristallisation in der industriellen Praxis*, Wiley-VCH Weinheim



#### 8.44 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>



## 8.45 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, Berlin 1997



#### 8.46 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 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. E. Tsotsas, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Own notes for Download.



## 8.47 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. 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 eine Exkursion in ein Trocknungswerk direkten Einblick in die Betriebsabläufe und die Funktionsweise von Förderlufttrocknern.
<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. Wirbelschichttrocknung mit Gas und überhitztem Lösungsmitteldampf</li><li>7. Wirbelschichtgranulationstrocknung und verschiedene Schaltungsmöglichkeiten von Trocknungsanlagen mit und ohne Wärmerückgewinnung</li><li>8. Bauarten, konstruktive Gestaltung und Berechnungsmöglichkeiten ausgewählter Trocknertypen, wie Kammertrockner, Wirbelschichttrockner, Förderlufttrockner, Trommeltrockner, Zerstäubungstrockner, Bandtrockner, Scheibentrockner u.a.</li><li>9. Exemplarische Berechnung und apparative Gestaltung ausgewählter Trockner</li><li>10. Exkursion in ein Trocknungswerk</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. L. Mörl, FVST <b>Lehrender:</b> Prof. E. Tsotsas



**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



#### 8.48 Umweltpsychologisches Seminar – Energiewende im Spannungsfeld von Gesellschaft und Technik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Modul:</b> Energiewende im Spannungsfeld von Gesellschaft und Technik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können Konzepte für die Energiewende entwickeln. Sie können die Vor- und Nachteile der Gesellschaft verständlich machen. Sie können mit verschiedenen und kontroversen Parteien kommunizieren. Sie können Akzeptanz von Konzepten erzielen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland</li><li>• Erarbeitung von Konzepten</li><li>• Windenergie und Photovoltaik, Verfügbarkeit, Speicherung, Ausbau Stromnetz</li><li>• Akzeptanz erneuerbare Energien</li><li>• Konzepte der Belästigung, Stressmodelle</li><li>• Kommunikation, Beteiligung in der Planung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Seminar mit Vorträgen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Bachelor Umwelt- und Energieprozesstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 64 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Seminarvortrag / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Prof. E. Specht, FVST, Dr. A. Blöbaum
<b>Lehrende:</b> Prof. E. Specht, FVST, Dr. A. Kharaghani, FVST, Dr. A. Blöbaum, FHW, I. Kastner, FHW
<b>Literature:</b> Skript zum Download.



#### 8.49 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 / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Prof. H. Köser, 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;



## 8.50 Wirbelschichttechnik

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Umwelt- und Energieprozesstechnik

**Modul:**

Wirbelschichttechnik

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

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 Einzeltvorgänge. 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.

**Inhalt**

1. Arten von Wirbelschichten, Geldart-Klassifikation, Hydrodynamik und Existenzbereich von Wirbelschichten, Blasenbildung in Wirbelschichten, Anströmböden von Wirbelschichten
2. Wärmetransport in Wirbelschichten, kontinuierliche und diskontinuierliche Wärmeübertragung zwischen Fluiden und dispersen Materialien, Wärmeübertragung Wirbelschicht-Heizfläche
3. Stoffübertragung in Wirbelschichten, Modell PFTR und CSTR mit und ohne Bypass, diskontinuierliche und kontinuierliche Wirbelschichttrocknung
4. Stoff- und Wärmeübertragung in rinnenförmigen Wirbelschichtapparaten, konstruktive Gestaltung und Regelung von Wirbelschichttrinnen
5. Berechnung und konstruktive Gestaltung von Apparaten zur Röstung körniger Güter
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
7. Wirbelschichten mit Gas- und Dampfkreisläufen zur Wärmerückgewinnung, zirkulierende Wirbelschichten
8. Einsatz der Wirbelschichttechnik für Adsorption und katalytische Reaktionen

**Lehrformen:**

Vorlesung (Präsentation), Übungsbeispiele, Skript, Exkursion

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundlagen der Verfahrenstechnik

**Arbeitsaufwand:**

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

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. L. Mörl / Prof. E. Tsotsas, FVST



**Literaturhinweise:**

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