



## **Modulhandbuch**

Master of Science (M.Sc.)

## **Verfahrenstechnik**

Kohorte: Wintersemester 2024

Stand: 5. August 2024



---

---

# Inhaltsverzeichnis

---

---

Inhaltsverzeichnis	2
Studiengangsbeschreibung	4
Fachmodule der Kernqualifikation	6
Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik	6
Modul M0523: Betrieb & Management	8
Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	9
Modul M0540: Transport Processes	11
Modul M0542: Strömungsmechanik in der Verfahrenstechnik	14
Modul M1970: Prozessmodellierung und Prozessführung	17
Modul M0895: Chemische Reaktionstechnik - Vertiefung	19
Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering	23
Modul M0904: Projektierungskurs	27
Fachmodule der Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik	28
Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien	28
Modul M0874: Abwassersysteme	31
Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik	34
Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy	38
Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	40
Modul M0914: Technical Microbiology	42
Modul M0721: Klimaanlage	44
Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik	46
Modul M0898: Heterogeneous Catalysis	49
Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik	51
Modul M0657: Numerische Methoden der Thermofluidynamik II	53
Modul M1737: Power-to-X Verfahren	55
Modul M2029: Process Imaging	57
Modul M1777: Introduction to model-based industrial process development for biopharmaceuticals	59
Modul M1954: Process Simulation and Process Safety	61
Modul M1709: Applied optimization in energy and process engineering	64
Modul M2028: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering	66
Modul M0633: Industrial Process Automation	69
Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik	71
Modul M0949: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones	73
Modul M0973: Biocatalysis	75
Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications	77
Modul M1017: Lebensmittelverfahrenstechnik	79
Modul M0662: Numerical Mathematics I	81
Modul M1778: Sondergebiete der Strömungsmechanik	83
Modul M0802: Membrane Technology	86
Modul M0801: Wasserressourcen und -versorgung	88
Modul M0658: Innovative Methoden der Numerischen Thermofluidynamik	91
Modul M0742: Thermische Energiesysteme	93
Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice	95
Modul M1736: Industrial Homogeneous Catalysis	97
Modul M1796: Magnetic resonance in engineering	99
Modul M1354: Advanced Fuels	101
Modul M1955: Process Intensification in Process Engineering	104
Modul M0899: Synthesis and Design of Industrial Processes	106
Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik	108
Modul M0822: Modellierung von Prozessen in der Wassertechnologie	109
Modul M1966: Mathematische Bildverarbeitung	111
Modul M0545: Separation Technologies for Life Sciences	113
Modul M0636: Cell and Tissue Engineering	116
Modul M2033: Subsurface Processes	118
Modul M2006: Waste Treatment and Recycling	120
Modul M2019: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application	122
Fachmodule der Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik	123
Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik	123
Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik	127
Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	129
Modul M2029: Process Imaging	131
Modul M0898: Heterogeneous Catalysis	133
Modul M1709: Applied optimization in energy and process engineering	135
Modul M1737: Power-to-X Verfahren	137
Modul M1954: Process Simulation and Process Safety	139
Modul M2028: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering	142
Modul M0633: Industrial Process Automation	145
Modul M0899: Synthesis and Design of Industrial Processes	147
Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik	149
Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik	151
Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik	154

Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications	155
Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice	157
Modul M1736: Industrial Homogeneous Catalysis	159
Modul M1796: Magnetic resonance in engineering	161
Modul M1354: Advanced Fuels	163
Modul M1955: Process Intensification in Process Engineering	166
Modul M2006: Waste Treatment and Recycling	168
Modul M2019: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application	170
<b>Fachmodule der Vertiefung Umweltverfahrenstechnik</b>	<b>171</b>
Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien	171
Modul M0874: Abwassersysteme	174
Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy	177
Modul M0512: Solarenergienutzung	179
Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioaffinerieprozessen	183
Modul M1287: Risikomanagement, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie	186
Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik	189
Modul M1737: Power-to-X Verfahren	191
Modul M2002: Waste and Resource Management	193
Modul M1878: Nachhaltige elektrische Energie aus Wind und Wasser	195
Modul M2029: Process Imaging	198
Modul M1954: Process Simulation and Process Safety	200
Modul M1888: Environmental protection management	203
Modul M0949: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones	204
Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik	206
Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik	209
Modul M1294: Bioenergie	210
Modul M1303: Energieprojekte - Entwicklung und Bewertung	214
Modul M0822: Modellierung von Prozessen in der Wassertechnologie	219
Modul M0801: Wasserressourcen und -versorgung	221
Modul M0802: Membrane Technology	224
Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice	226
Modul M1354: Advanced Fuels	228
Modul M1796: Magnetic resonance in engineering	231
Modul M2003: Biological Waste Treatment	233
Modul M2033: Subsurface Processes	235
Modul M2019: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application	237
Modul M2006: Waste Treatment and Recycling	238
<b>Thesis</b>	<b>240</b>
Modul M-002: Masterarbeit	240

---

---

## Studiengangsbeschreibung

---

---

### Inhalt

Das Studium der Verfahrenstechnik mit Abschluss Master of Science an der TUHH bereitet seine Absolventinnen und Absolventen auf innovatives Arbeiten in führenden Positionen der Chemie-, Energie-, Umwelt-, Lebensmittel- und Pharmaindustrie vor. Die Masterausbildung ist dementsprechend durch eine wissenschaftliche Ausrichtung, eine inhaltliche Schwerpunktbildung und die Vermittlung von effektiven, strukturierten, interdisziplinären Arbeitsmethoden gekennzeichnet. Die inhaltlichen Schwerpunkte sind eng verknüpft mit den Forschungsthemen der Institute des Studiendekanats und spiegeln die Einheit von Forschung und Lehre wider. Dies gewährleistet stets aktuelle Vorlesungsinhalte und die Möglichkeit zur Mitarbeit in der Forschung an der TUHH z. B. im Rahmen von Studien- und Abschlussarbeiten. In vielen Veranstaltungen wird durch problemorientiertes Lernen ein direkter Bezug zur industriellen Praxis hergestellt. Dies gipfelt im Projektierungskurs, in dem Studierende im Team einen bestehenden industriellen Prozess komplett auslegen und das Ergebnis in einer Präsentation vor den prozessverantwortlichen Ingenieuren vor Ort im Industriebetrieb verteidigen müssen.

### Lernziele

#### Wissen

- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, einen breiten Überblick über Themen der Verfahrenstechnik zu geben sowie Teilgebiete der Disziplin in der Tiefe zu erklären.
- Die Absolventinnen und Absolventen können den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisstand innerhalb der Verfahrenstechnik wiedergeben und in der Verfahrenstechnik und angrenzenden Disziplinen auftretende Phänomene erklären.
- Die Absolventinnen und Absolventen können die wesentlichen Prinzipien der Verfahrenstechnik zur Auslegung, Modellierung und Simulation verfahrenstechnischer Prozesse und chemischer Reaktionen, von Energie-, Stoff- und Impulstransportprozessen, von Trennprozessen auf der Mikro-, Meso- und Makroskala sowie zum Betrieb entsprechender Anlagen umfassend und in Teilgebieten im Detail erläutern.
- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, die Auslegung einer verfahrenstechnischen Anlage hinsichtlich Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch zu unterstützen und zu beurteilen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können ökonomische, ökologische und soziale Aspekte verfahrenstechnischer Prozesse beurteilen und sind in der Lage, einen nachhaltigen Prozess zu gestalten.

#### Fertigkeiten

- Die Absolventinnen und Absolventen können ihr Wissen über mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen und Methoden der Ingenieurwissenschaften auf komplexe Probleme anwenden und Lösungen erarbeiten.
- Die Absolventinnen und Absolventen können für komplexe Problemstellungen aus der Verfahrenstechnik (z. B. Auslegung von Anlagen, Berechnung von Wärme- und Stofftransportprozessen) geeignete Lösungsstrategien entwickeln und fachlich passende Methoden auswählen und umsetzen. Sie können den eingeschlagenen Lösungsweg wissenschaftlich angemessen schriftlich dokumentieren.
- Die Absolventinnen und Absolventen können praktische, eher allgemeine Problemstellungen aus der Verfahrenstechnik (z. B. Entwurf eines Prozesses) auf Teilprobleme des eigenen Faches oder anderer relevanter Fachgebiete abbilden, eine geeignete Methode zur Problemlösung finden und diese umsetzen. Sie können Ihre Lösung einer Zuhörerschaft klar strukturiert präsentieren.
- Die Absolventinnen und Absolventen können vor dem Hintergrund des aktuellen Forschungsstandes selbstständig Forschungsfragen entwickeln und unter Verwendung geeigneter Methoden eigenverantwortlich bearbeiten. Ihren eingeschlagenen Lösungsweg können sie angemessen dokumentieren und vor einem fachkundigen Publikum präsentieren und begründen.
- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, Entwürfe für komplexe verfahrenstechnische Prozesse nach spezifizierten Anforderungen zu erarbeiten sowie andere Entwürfe anhand fachlicher Kriterien zu beurteilen.

#### Sozialkompetenz

- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, Vorgehensweise und Ergebnisse ihrer Arbeit schriftlich und mündlich adressaten- und fachgerecht darzustellen und zu begründen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können über Inhalte und Probleme der Verfahrenstechnik mit Fachleuten, interdisziplinär oder auch mit Laien kommunizieren. Sie können auf Nachfragen, Ergänzungen und Kommentare geeignet reagieren und Lösungsstrategien auch unter Einbezug verschiedener Perspektiven gemeinsam weiterentwickeln.
- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage in Gruppen zu arbeiten und für das Gelingen von Teilprozessen Verantwortung zu übernehmen. Sie können Teilaufgaben definieren, verteilen und integrieren und Arbeitsergebnisse einer Gruppe gemeinsam vertreten. Probleme in der Teamarbeit können sie eigenständig lösen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können sicher in einem internationalen Umfeld auf Englisch kommunizieren und diskutieren sowie spezifische verfahrenstechnische Problemlösungen in internationalen Teams erarbeiten.

#### Selbstständigkeit

- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, eigenständige Recherchen anzustellen sich notwendiges fachliches Wissen zu erschließen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können ihre vorhandenen Kompetenzen realistisch einschätzen, eigene Ziele definieren und Defizite selbstständig aufarbeiten.
- Die Absolventinnen und Absolventen können selbstorganisiert und -motiviert Themenkomplexe erlernen, eigenständig spezifische Themenkomplexe vertiefen sowie interessierende Problemstellungen auswählen und bearbeiten (lebenslanges Lernen).
- Die Absolventinnen und Absolventen können ihre Ergebnisse selbstkritisch vor einem gesellschaftspolitischen Hintergrund hinterfragen und bewerten.

### Studiengangsstruktur

Das Curriculum des Masterstudiengangs Verfahrenstechnik ist wie folgt gegliedert:

- Kernqualifikation: neun Pflichtmodule, 54 LP, 1. bis 3. Semester.
- Vertiefung: Wahlpflichtmodule im Umfang von 36 LP, größtenteils im 2. und 3. Semester
- Masterarbeit: 30 LP, 4. Semester

Damit ergibt sich ein Gesamtaufwand von 120 LP.

Neben der fachlichen Qualifikation enthält die Kernqualifikation auch Module, welche die Studierenden in überfachlichen und nichttechnischen Kompetenzen schulen:

- Nichttechnische Angebote im Master (sechs LP, 1. bis 3. Semester)
- Betrieb & Management (sechs LP, 1. bis 3. Semester)

Die Wahl einer Vertiefung ist obligatorisch. Es werden folgende Vertiefungen angeboten:

- Allgemeine Verfahrenstechnik
- Chemische Verfahrenstechnik
- Umweltverfahrenstechnik

Innerhalb ihrer Vertiefung wählen die Studentinnen und Studenten Module im Umfang von insgesamt 36 LP aus. Da das dritte Semester laut Studienplan nur für die Belegung von Fächern im Wahlpflichtbereich vorgesehen ist, kann das dritte Semester als Mobilitätsfenster genutzt werden. Im Projektierungskurs lernen die Studentinnen und Studenten eine komplette verfahrenstechnische Anlage im Team zu planen, auszulegen und zu berechnen. Sie erarbeiten für die Anlage eine vollständige Kostenkalkulation, erstellen ein Sicherheitskonzept und berücksichtigen Genehmigungsverfahren sowie das Behördenengineering. Somit fließen im Projektierungskurs alle Aspekte des Studiums komplex zusammen.

**Fachmodule der Kernqualifikation**

**Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik**

Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Partikeltechnologie II (L0051)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	1
Partikeltechnologie II (L0050)	Vorlesung	2	2
Praktikum Partikeltechnologie II (L0430)	Laborpraktikum	3	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Stefan Heinrich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse der Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik, Kenntnis der grundlegenden Verfahren		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, basierend auf der Kenntnis der Mikroprozesse auf Partikelebene die Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik sehr detailliert zu beschreiben und zu erläutern.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Verfahren und Apparate zur gezielten Prozessierung von Feststoffen in Abhängigkeit von den spezifischen Partikeleigenschaften auszuwählen, zu modifizieren und zu modellieren		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden sind in der Lage Aufgaben im Bereich der Feststoffverfahrenstechnik in kleinen Gruppen zu bearbeiten und die gesammelten Ergebnisse anschließend mündlichen zu präsentieren. Die Studierenden sind befähigt, fachliches Wissen mit wissenschaftlichen Kollegen zu diskutieren.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind dazu in der Lage Fragestellungen in der Partikeltechnologie selbstständig und in kleinen Gruppen zu analysieren und zu lösen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja      Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	fünf Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L0051: Partikeltechnologie II	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0050: Partikeltechnologie II</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übung in Form von "Project based Learning": selbstständiges Lösen von Problemstellungen der Feststoffverfahrenstechnik</li> <li>• Kontaktkräfte, interpartikuläre Kräfte</li> <li>• vertiefte Behandlung von Kornzerkleinerung</li> <li>• CFD Methoden zur Beschreibung von Fluid/Feststoffströmungen, Euler/Euler-Methode, Discrete Particle Modeling</li> <li>• Behandlung von Problemen mit verteilten Stoffeigenschaften, Lösung von Populationsbilanzen</li> <li>• Fließschemasimulation von Feststoffprozessen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990.</p> <p>Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.</p>

<b>Lehrveranstaltung L0430: Praktikum Partikeltechnologie II</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluidisation</li> <li>• Agglomeration</li> <li>• Granulation</li> <li>• Trocknung</li> <li>• Bestimmung der mechanische Eigenschaften von Agglomeraten</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990.</p> <p>Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.</p>



<b>Modul M0523: Betrieb &amp; Management</b>	
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Meyer
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Keine
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte betriebswirtschaftliche Spezialgebiete innerhalb der Betriebswirtschaftslehre zu verorten.</li> <li>• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Theorien, Kategorien und Modelle erklären.</li> <li>• Die Studierenden können technisches und betriebswirtschaftliches Wissen miteinander in Beziehung setzen.</li> </ul> <i>Fertigkeiten</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.</li> <li>• Die Studierenden können für praktische Fragestellungen in betriebswirtschaftlichen Teilbereichen Entscheidungsvorschläge begründen.</li> </ul> <b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, in interdisziplinären Kleingruppen zu kommunizieren und gemeinsam Lösungen für komplexe Problemstellungen zu erarbeiten.</li> </ul> <i>Selbstständigkeit</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, sich notwendiges Wissen durch Recherchen und Aufbereitungen von Material selbstständig zu erschließen.</li> </ul>	
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
<b>Leistungspunkte</b>	6

<b>Lehrveranstaltungen</b>
<b>Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.</b>

Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dagmar Richter
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Keine
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>	<p><b>Die Nichttechnischen Angebote (NTA)</b></p> <p>vermittelt die in Hinblick auf das Ausbildungsprofil der TUHH nötigen Kompetenzen, die ingenieurwissenschaftliche Fachlehre fördern aber nicht abschließend behandeln kann: Eigenverantwortlichkeit, Selbstführung, Zusammenarbeit und fachliche wie personale Leitungsbefähigung der zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure. Er setzt diese Ausbildungsziele in seiner <b>Lehrarchitektur</b>, den <b>Lehr-Lern-Arrangements</b>, den <b>Lehrbereichen</b> und durch Lehrangebote um, in denen sich Studierende wahlweise für <b>spezifische Kompetenzen</b> und ein <b>Kompetenzniveau</b> auf Bachelor- oder Masterebene qualifizieren können. Die Lehrangebote sind jeweils in einem Modulkatalog Nichttechnische Ergänzungskurse zusammengefasst.</p> <p><b>Die Lehrarchitektur</b></p> <p>besteht aus einem studiengangübergreifenden Pflichtstudienangebot. Durch dieses zentral konzipierte Lehrangebot wird die Profilierung der TUHH Ausbildung auch im nichttechnischen Bereich gewährleistet.</p> <p>Die Lernarchitektur erfordert und übt eigenverantwortliche Bildungsplanung in Hinblick auf den individuellen Kompetenzaufbau ein und stellt dazu Orientierungswissen zu thematischen Schwerpunkten von Veranstaltungen bereit.</p> <p>Das über den gesamten Studienverlauf begleitend studierbare Angebot kann ggf. in ein-zwei Semestern studiert werden. Angesichts der bekannten, individuellen Anpassungsprobleme beim Übergang von Schule zu Hochschule in den ersten Semestern und um individuell geplante Auslandsemester zu fördern, wird jedoch von einer Studienfixierung in konkreten Fachsemestern abgesehen.</p> <p><b>Die Lehr-Lern-Arrangements</b></p> <p>sehen für Studierende - nach B.Sc. und M.Sc. getrennt - ein semester- und fachübergreifendes voneinander Lernen vor. Der Umgang mit Interdisziplinarität und einer Vielfalt von Lernständen in Veranstaltungen wird eingeübt - und in spezifischen Veranstaltungen gezielt gefördert.</p> <p><b>Die Lehrbereiche</b></p> <p>basieren auf Forschungsergebnissen aus den wissenschaftlichen Disziplinen Kulturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Kunst, Geschichtswissenschaften, Kommunikationswissenschaften, Migrationswissenschaften, Nachhaltigkeitsforschung und aus der Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Über alle Studiengänge hinweg besteht im Bachelorbereich zusätzlich ab Wintersemester 2014/15 das Angebot, gezielt Betriebswirtschaftliches und Gründungswissen aufzubauen. Das Lehrangebot wird durch soft skill und Fremdsprachkurse ergänzt. Hier werden insbesondere kommunikative Kompetenzen z.B. für Outgoing Engineers gezielt gefördert.</p> <p><b>Das Kompetenzniveau</b></p> <p>der Veranstaltungen in den Modulen der nichttechnischen Ergänzungskurse unterscheidet sich in Hinblick auf das zugrunde gelegte Ausbildungsziel: Diese Unterschiede spiegeln sich in den verwendeten Praxisbeispielen, in den - auf unterschiedliche berufliche Anwendungskontexte verweisende - Inhalten und im für M.Sc. stärker wissenschaftlich-theoretischen Abstraktionsniveau. Die Soft skills für Bachelor- und für Masterabsolventinnen/ Absolventen unterscheidet sich an Hand der im Berufsleben unterschiedlichen Positionen im Team und bei der Anleitung von Gruppen.</p> <p><b>Fachkompetenz (Wissen)</b></p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewähltes Spezialgebiete des jeweiligen nichttechnischen Bereiches erläutern,</li> <li>• in den im Lehrbereich vertretenen Disziplinen grundlegende Theorien, Kategorien, Begrifflichkeiten, Modelle, Konzepte oder künstlerischen Techniken skizzieren,</li> <li>• diese fremden Fachdisziplinen systematisch auf die eigene Disziplin beziehen, d.h. sowohl abgrenzen als auch Anschlüsse benennen,</li> <li>• in Grundzügen skizzieren, inwiefern wissenschaftliche Disziplinen, Paradigmen, Modelle, Instrumente, Verfahrensweisen und Repräsentationsformen der Fachwissenschaften einer individuellen und soziokulturellen Interpretation und Historizität unterliegen,</li> <li>• können Gegenstandsangemessen in einer Fremdsprache kommunizieren (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).</li> </ul>
<b>Fertigkeiten</b>	<p>Die Studierenden können in ausgewählten Teilbereichen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende und teils auch spezielle Methoden der genannten Wissenschaftsdisziplinen anwenden.</li> <li>• technische Phänomene, Modelle, Theorien usw. aus der Perspektive einer anderen, oben erwähnten Fachdisziplin befragen.</li> <li>• einfache und teils auch fortgeschrittene Problemstellungen aus den behandelten Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich bearbeiten,</li> <li>• bei praktischen Fragestellungen in Kontexten, die den technischen Sach- und Fachbezug übersteigen, ihre Entscheidungen zu Organisations- und Anwendungsformen der Technik begründen.</li> </ul>



Modul M0540: Transport Processes			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Mehrphasenströmungen (L0104)	Vorlesung	2	2
Reaktorauslegung unter Berücksichtigung lokaler Transportprozesse (L0105)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
Wärme- und Stofftransport in der Verfahrenstechnik (L0103)	Vorlesung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Schlüter		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	All lectures from the undergraduate studies, especially mathematics, chemistry, thermodynamics, fluid mechanics, heat- and mass transfer.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>describe transport processes in single- and multiphase flows and they know the analogy between heat- and mass transfer as well as the limits of this analogy.</li> <li>explain the main transport laws and their application as well as the limits of application.</li> <li>describe how transport coefficients for heat- and mass transfer can be derived experimentally.</li> <li>compare different multiphase reactors like trickle bed reactors, pipe reactors, stirring tanks and bubble column reactors.</li> <li>are known. The Students are able to perform mass and energy balances for different kind of reactors. Further more the industrial application of multiphase reactors for heat- and mass transfer are known.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>optimize multiphase reactors by using mass- and energy balances,</li> <li>use transport processes for the design of technical processes,</li> <li>to choose a multiphase reactor for a specific application.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> The students are able to discuss in international teams in english and develop an approach under pressure of time.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to define independently tasks, to solve the problem "design of a multiphase reactor". The knowledge that s necessary is worked out by the students themselves on the basis of the existing knowledge from the lecture. The students are able to decide by themselves what kind of equation and model is applicable to their certain problem. They are able to organize their own team and to define priorities for different tasks.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	15 Minuten Vortrag + 90 Minuten Multiple Choice Klausur		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L0104: Multiphase Flows	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces in MPF (boundary layers, surfactants)</li> <li>• Hydrodynamics &amp; pressure drop in Film Flows</li> <li>• Hydrodynamics &amp; pressure drop in Gas-Liquid Pipe Flows</li> <li>• Hydrodynamics &amp; pressure drop in Bubbly Flows</li> <li>• Mass Transfer in Film Flows</li> <li>• Mass Transfer in Gas-Liquid Pipe Flows</li> <li>• Mass Transfer in Bubbly Flows</li> <li>• Reactive mass Transfer in Multiphase Flows</li> <li>• Film Flow: Application Trickle Bed Reactors</li> <li>• Pipe Flow: Application Tubular Reactors</li> <li>• Bubbly Flow: Application Bubble Column Reactors</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971.</p> <p>Clift, R.; Grace, J.R.; Weber, M.E.: Bubbles, Drops and Particles, Academic Press, New York, 1978.</p> <p>Fan, L.-S.; Tsuchiya, K.: Bubble Wake Dynamics in Liquids and Liquid-Solid Suspensions, Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, Boston, USA, 1990.</p> <p>Hewitt, G.F.; Delhay, J.M.; Zuber, N. (Ed.): Multiphase Science and Technology. Hemisphere Publishing Corp, Vol. 1/1982 bis Vol. 6/1992.</p> <p>Kolev, N.I.: Multiphase flow dynamics. Springer, Vol. 1 and 2, 2002.</p> <p>Levy, S.: Two-Phase Flow in Complex Systems. Verlag John Wiley &amp; Sons, Inc, 1999.</p> <p>Crowe, C.T.: Multiphase Flows with Droplets and Particles. CRC Press, Boca Raton, Fla, 1998.</p>

Lehrveranstaltung L0105: Reactor design under consideration of local transport processes	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>In this Problem-Based Learning unit the students have to design a multiphase reactor for a fast chemical reaction concerning optimal hydrodynamic conditions of the multiphase flow.</p> <p>The four students in each team have to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• collect and discuss material properties and equations for design from the literature,</li> <li>• calculate the optimal hydrodynamic design,</li> <li>• check the plausibility of the results critically,</li> <li>• write an exposé with the results.</li> </ul> <p>This exposé will be used as basis for the discussion within the oral group examen of each team.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Bird, R.B.; Stewart, W.R.; Lightfoot, E.N.: Transport Phenomena, John Wiley &amp; Sons Inc (2007), ISBN 978-0-470-11539-8.</p> <p>Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion; Verlag Sauerländer, Aarau und Frankfurt am Main (1971), ISBN: 3794100085.</p> <p>Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen, Sauerländer, 1971,</p> <p>Clift, R.; Grace, J.R.; Weber, M.E.: Bubbles, Drops, and Particles, Verlag Academic Press, 1978, ISBN 012176950X, 9780121769505</p> <p>Deckwer, W.-D.: Reaktionstechnik in Blasensäulen, Salle Verlag und Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt am Main, Berlin, München, Salzburg (1985), DOI 10.1002/CITE.330590530</p> <p>Deckwer, W.-D.: Bubble Column Reactors. Wiley, New York (1992), DOI 10.1002/AIC.690380821.</p> <p>Fan, L.; Tsuchiya, K.: Bubble wake dynamics in liquids and liquid-solid suspension. Butterworth-Heinemann, (1990), DOI 10.1016/c2009-0-24002-5.</p> <p>Kraume, M., Transportvorgänge in der Verfahrenstechnik, Springer Berlin, 2020, ISBN 978-3-662-60392-5.</p> <p>Lienhard, J. H. (2019). A Heat Transfer Textbook, Dover Publications. ISBN:9780486837352, 0486837351.</p>

<b>Lehrveranstaltung L0103: Heat &amp; Mass Transfer in Process Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction - Transport Processes in Chemical Engineering</li> <li>• Molecular Heat- and Mass Transfer: Applications of Fourier's and Fick's Law</li> <li>• Convective Heat and Mass Transfer: Applications in Process Engineering</li> <li>• Unsteady State Transport Processes: Cooling &amp; Drying</li> <li>• Transport at fluidic Interfaces: Two Film, Penetration, Surface Renewal</li> <li>• Transport Laws &amp; Balance Equations with turbulence, sinks and sources</li> <li>• Experimental Determination of Transport Coefficients</li> <li>• Design and Scale Up of Reactors for Heat- and Mass Transfer</li> <li>• Reactive Mass Transfer</li> <li>• Processes with Phase Changes - Evaporization and Condensation</li> <li>• Radiative Heat Transfer - Fundamentals</li> <li>• Radiative Heat Transfer - Solar Energy</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Baehr, Stephan: Heat and Mass Transfer, Wiley 2002.</li> <li>2. Bird, Stewart, Lightfoot: Transport Phenomena, Springer, 2000.</li> <li>3. John H. Lienhard: A Heat Transfer Textbook, Phlogiston Press, Cambridge Massachusetts, 2008.</li> <li>4. Myers: Analytical Methods in Conduction Heat Transfer, McGraw-Hill, 1971.</li> <li>5. Incropera, De Witt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Wiley, 2002.</li> <li>6. Beek, Muttzall: Transport Phenomena, Wiley, 1983.</li> <li>7. Crank: The Mathematics of Diffusion, Oxford, 1995.</li> <li>8. Madhusudana: Thermal Contact Conductance, Springer, 1996.</li> <li>9. Treybal: Mass-Transfer-Operation, McGraw-Hill, 1987.</li> </ol>

Modul M0542: Strömungsmechanik in der Verfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Anwendungen der Strömungsmechanik in der VT (L0106)		Hörsaalübung	2              2
Strömungsmechanik II (L0001)		Vorlesung	2              4
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Schlüter		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik I-III</li> <li>• Grundlagen der Strömungsmechanik</li> <li>• Technische Thermodynamik I-II</li> <li>• Wärme- und Stoffübertragung</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können verschiedene Anwendungen der Strömungsmechanik in den Vertiefungsrichtungen Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik, Energie- und Umwelttechnik und Regenerative Energien beschreiben. Sie können die Grundlagen der Strömungsmechanik den verschiedenen Anwendungen zuordnen und für konkrete Berechnungen abwandeln. Die Studierenden können einschätzen, welche strömungsmechanischen Probleme mit analytischen Lösungen berechnet werden können und welche alternativen Möglichkeiten (z.B. Selbstähnlichkeit am Beispiel des Freistrahls, empirische Lösungen am Beispiel der Forchheimer Gleichung, numerische Methoden am Beispiel der Large Eddy Simulation) zur Verfügung stehen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Studierende sind in der Lage, die Grundlagen der Strömungsmechanik auf technische Prozesse anzuwenden. Insbesondere können sie Impuls- und Massenbilanzen aufstellen, um damit technische Prozesse hydrodynamisch zu optimieren. Sie sind in der Lage, einen verbal geschilderten Zusammenhang in einen abstrakten Formalismus umzusetzen.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können die vorgegebene Aufgabenstellungen in Kleingruppen diskutieren und einen gemeinsamen Lösungsweg erarbeiten.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben für strömungsmechanische Problemstellungen zu definieren und sich das zur Lösung dieser Aufgaben notwendige Wissen, aufbauend auf dem vermittelten Wissen, selbst zu erarbeiten.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>			
<b>Leistungspunkte</b>			
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	180 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L0106: Anwendungen der Strömungsmechanik in der VT	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Die Hörsaalübung dient zur Überführung der stark theoretischen Lehrinhalte aus der Vorlesung auf die praktische Anwendung bei der Berechnung der Hausaufgaben. Hierfür werden exemplarische Beispielaufgaben an der Tafel vorgerechnet die aufzeigen, wie das theoriebasierte Wissen zur Lösung einer konkreten Verfahrenstechnischen Fragestellung genutzt werden kann.
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971.</li> <li>2. Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion. Frankfurt: Sauerländer 1972.</li> <li>3. Crowe, C. T.: Engineering fluid mechanics. Wiley, New York, 2009.</li> <li>4. Durst, F.: Strömungsmechanik: Einführung in die Theorie der Strömungen von Fluiden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006.</li> <li>5. Fox, R.W.; et al.: Introduction to Fluid Mechanics. J. Wiley &amp; Sons, 1994.</li> <li>6. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Eine Einführung in die Physik und die mathematische Modellierung von Strömungen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006.</li> <li>7. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Einführung in die Physik von technischen Strömungen: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.</li> <li>8. Kuhlmann, H.C.: Strömungsmechanik. München, Pearson Studium, 2007</li> <li>9. Oertl, H.: Strömungsmechanik: Grundlagen, Grundgleichungen, Lösungsmethoden, Softwarebeispiele. Vieweg+ Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.</li> <li>10. Schade, H.; Kunz, E.: Strömungslehre. Verlag de Gruyter, Berlin, New York, 2007.</li> <li>11. Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1: Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.</li> <li>12. Schlichting, H. : Grenzschicht-Theorie. Springer-Verlag, Berlin, 2006.</li> <li>13. van Dyke, M.: An Album of Fluid Motion. The Parabolic Press, Stanford California, 1882.</li> <li>14. White, F.: Fluid Mechanics, Mcgraw-Hill, ISBN-10: 0071311211, ISBN-13: 978-0071311212, 2011.</li> </ol>



<b>Lehrveranstaltung L0001: Strömungsmechanik II</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenzialgleichungen zum Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch</li> <li>• Beispiele für Vereinfachungen der Navier-Stokes Gleichungen</li> <li>• Instationärer Impulsaustausch</li> <li>• Freie Scherschichten, Turbulenz und Freistrah</li> <li>• Partikelumströmungen - Feststoffverfahrenstechnik</li> <li>• Kopplung Impuls- und Wärmetransport - Thermische VT</li> <li>• Kopplung Impuls- und Wärmetransport - Thermische VT</li> <li>• Rheologie – Bioverfahrenstechnik</li> <li>• Kopplung Impuls- und Stofftransport – Reaktives Mischen, Chemische VT</li> <li>• Strömung in porösen Medien – heterogene Katalyse</li> <li>• Pumpen und Turbinen - Energie- und Umwelttechnik</li> <li>• Wind- und Wellenkraftanlagen - Regenerative Energien</li> <li>• Einführung in die numerische Strömungssimulation</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971.</li> <li>2. Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion. Frankfurt: Sauerländer 1972.</li> <li>3. Crowe, C. T.: Engineering fluid mechanics. Wiley, New York, 2009.</li> <li>4. Durst, F.: Strömungsmechanik: Einführung in die Theorie der Strömungen von Fluiden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006.</li> <li>5. Fox, R.W.; et al.: Introduction to Fluid Mechanics. J. Wiley &amp; Sons, 1994.</li> <li>6. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Eine Einführung in die Physik und die mathematische Modellierung von Strömungen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006.</li> <li>7. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Einführung in die Physik von technischen Strömungen: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.</li> <li>8. Kuhlmann, H.C.: Strömungsmechanik. München, Pearson Studium, 2007</li> <li>9. Oertl, H.: Strömungsmechanik: Grundlagen, Grundgleichungen, Lösungsmethoden, Softwarebeispiele. Vieweg+ Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.</li> <li>10. Schade, H.; Kunz, E.: Strömungslehre. Verlag de Gruyter, Berlin, New York, 2007.</li> <li>11. Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1: Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.</li> <li>12. Schlichting, H. : Grenzschicht-Theorie. Springer-Verlag, Berlin, 2006.</li> <li>13. van Dyke, M.: An Album of Fluid Motion. The Parabolic Press, Stanford California, 1882.</li> </ol>

Modul M1970: Prozessmodellierung und Prozessführung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Prozessmodellierung und Prozessführung (L3220)		Vorlesung	2            3
Prozessmodellierung und Prozessführung (L3221)		Gruppenübung	3            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen  Grundoperationen der mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik sowie Chemische Reaktionstechnik  Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Studierende sind in der Lage:  - Typen von Prozessmodellen und Modellgleichungen zu klassifizieren  - Numerische Verfahren zur Simulation zu erklären  - die Lösungssystematik bei der Fließbildsimulation zu erklären  - Regelungsstrukturen zu klassifizieren und Prozessführungskonzepte für unterschiedliche Apparate und komplexe verfahrenstechnische Anlagen darzustellen		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende sind in der Lage:  - Prozessführungsziele zu formulieren und umzusetzen  - Regelungsstrategien und -strukturen zu entwerfen und zu bewerten  - Modellstruktur und Modellparameter aus der Simulation von Prozessen zu analysieren		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende werden befähigt in Gruppen gemeinsam Lösungswege zu erarbeiten  Studierende werden befähigt sich anhand weiterführender Literatur Wissen zu erschließen		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Nein      10 %	Midterm	
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L3220: Prozessmodellierung und Prozessführung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Prozessmodellierung: Einführung, Mathematische Modellierung, Modellbausteine, strukturierte Modellentwicklung, Analyse von Modellgleichungen  Prozesssimulation: Numerik, Validierung, Fließbildsimulation, Lösungsstrategien  Prozessführung: Prozessgrößen, Regelkreise, Regelkreisstrukturen, modellgestützte Verfahren, anlagenweite Regelung, Digitalisierung in der Industrie
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L3221: Prozessmodellierung und Prozessführung</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0895: Chemische Reaktionstechnik - Vertiefung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung) (L0222)	Vorlesung	2	2
Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung) (L0245)	Hörsaalübung	2	2
Praktikum Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung) (L0287)	Laborpraktikum	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Raimund Horn		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Vorlesungsinhalt aus dem Bachelor-Basismodul "Chemische Reaktionstechnik".		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Nach absolvieren des Modules sind Studierenden in der Lage, - die Unterschiede zwischen realen und idealen Reaktoren aufzuzählen, - grundlegende Unterschiede in kinetischen Modellen für katalysierte Reaktionen abzuleiten, - Modellierungsverfahren für reale Reaktoren zu benennen.		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, - die Eigenschaften realer Reaktoren zu evaluieren - kinetische Modelle heterogen-katalysierter Reaktionen einander gegenüberzustellen sowie Messmethoden zur Verifizierung der Modelle festzulegen - die Sensoren für Temperatur-, Druck-, Konzentrations- und Massendurchflussmessungen entsprechend den Betriebsbedingungen auszuwählen - ein Konzept für eine statistische Versuchsplanung zu entwickeln.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können sich nach Absolvieren des Praktikums in Kleingruppen organisieren, Fragestellungen analysieren und geeignete Lösungsansätze erarbeiten und diese nach wissenschaftlichen Richtlinien dokumentieren. Die Studierenden können ihr fachspezifisches Wissen mündlich reflektieren und mit Mitstudierenden und Lehrpersonal diskutieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können selbstständig Informationen zur Experimentvorbereitung beschaffen und deren Relevanz bewerten.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja      Keiner	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0222: Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung)</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>1. Reale Reaktoren (Definition der Verweilzeitverteilungen und der Verweilzeitsummenfunktion, Messmethoden für Verweilzeitverteilungen, Kenntnis der Verweilzeitverteilungen idealer Reaktoren, Modellierung realer Reaktoren, Segregationsmodell, Zellenmodell, Dispersionsmodell, Ersatzschaltungen)</p> <p>2. Heterogene Katalyse (Definition eines Katalysators, Funktionsprinzip eines Katalysators, Vulkankurve, Homogene Katalyse, Heterogene Katalyse und Biokatalyse, Definition von Physisorption und Chemisorption, Turn-Over Frequenz (TOF), Prinzip von Sabatier, Bronstedt-Evans-Polyani-Gleichung, Adsorptionsisothermen ein- und mehrkomponentiger Systeme, Kinetische Modelle Heterogen-Katalytischer Reaktionen, Langmuir-Hinshelwood, Eley-Rideal, Potenzansätze, Messmethoden für heterogen-katalytische Reaktionskinetiken, Mikrokinetische Modellierung, Charakterisierung von Katalysatoren)</p> <p>3. Diffusionseffekte in der Heterogenen Katalyse (Diffusionsarten, Knudsen-Diffusion, Molekulare Diffusion, Oberflächendiffusion, Single-File Diffusion, Bezugssysteme, Stefan-Maxwell-Gleichungen, Ficksches Gesetz, Porenwirkungsgrades, Auswirkungen von Diffusionshemmung, Damköhler-Beziehung, Material- und Waerme-Bilanzen Heterogen-Katalytischer Reaktoren)</p> <p>4. Labormessverfahren in der Heterogenen Katalyse (Temperatur, Druck, Konzentrationen, Massendurchflussmesser, Laborreaktoren, Statistische Versuchsplanung)</p>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorlesungsfolien R. Horn</li> <li>2. Skript zur Vorlesung F. Keil</li> <li>3. M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken, Technische Chemie, Wiley-VCH</li> <li>4. G. Emig, E. Klemm, Technische Chemie, Springer</li> <li>5. A. Behr, D. W. Agar, J. Jörissen, Einführung in die Technische Chemie</li> <li>6. E. Müller-Erlwein, Chemische Reaktionstechnik 2012, 2. Auflage, Teubner Verlag</li> <li>7. J. Hagen, Chemiereaktoren: Auslegung und Simulation, 2004, Wiley-VCH</li> <li>8. H. S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall B</li> <li>9. H. S. Fogler, Essentials of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall</li> <li>10. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, John Wiley &amp; Sons, 1998</li> <li>11. L. D. Schmidt, The Engineering of Chemical Reactions, Oxford Univ. Press, 2009</li> <li>12. J. B. Butt, Reaction Kinetics and Reactor Design, 2000, Marcel Dekker</li> <li>13. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Pubn. Inc., 2000</li> <li>14. M. E. Davis, R. J. Davis, Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, McGraw Hill 15. G. F. Froment, K. B. Bischoff, J. De Wilde, Chemical Reactor Analysis and Design, John Wiley &amp; Sons, 2010</li> <li>16. A. Jess, P. Wasserscheid, Chemical Technology An Integrated Textbook, WILEY-VCH</li> <li>17. C. G. Hill, An Introduction to Chemical Engineering Kinetics &amp; Reactor Design, John Wiley &amp; Sons</li> </ol>

<b>Lehrveranstaltung L0245: Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung)</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn, Dr. Oliver Korup
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>1. Reale Reaktoren (Definition der Verweilzeitverteilungen und der Verweilzeitsummenfunktion, Messmethoden für Verweilzeitverteilungen, Kenntnis der Verweilzeitverteilungen idealer Reaktoren, Modellierung realer Reaktoren, Segregationsmodell, Zellenmodell, Dispersionsmodell, Ersatzschaltungen)</p> <p>2. Heterogene Katalyse (Definition eines Katalysators, Funktionsprinzip eines Katalysators, Vulkankurve, Homogene Katalyse, Heterogene Katalyse und Biokatalyse, Definition von Physisorption und Chemisorption, Turn-Over Frequenz (TOF), Prinzip von Sabatier, Bronstedt-Evans-Polyani-Gleichung, Adsorptionsisothermen ein- und mehrkomponentiger Systeme, Kinetische Modelle Heterogen-Katalytischer Reaktionen, Langmuir-Hinshelwood, Eley-Rideal, Potenzansätze, Messmethoden für heterogen-katalytische Reaktionskinetiken, Mikrokinetische Modellierung, Charakterisierung von Katalysatoren)</p> <p>3. Diffusionseffekte in der Heterogenen Katalyse (Diffusionsarten, Knudsen-Diffusion, Molekulare Diffusion, Oberflächendiffusion, Single-File Diffusion, Bezugssysteme, Stefan-Maxwell-Gleichungen, Ficksches Gesetz, Porenwirkungsgrades, Auswirkungen von Diffusionshemmung, Damköhler-Beziehung, Material- und Waerme-Bilanzen Heterogen-Katalytischer Reaktoren)</p> <p>4. Labormessverfahren in der Heterogenen Katalyse (Temperatur, Druck, Konzentrationen, Massendurchflussmesser, Laborreaktoren, Statistische Versuchsplanung)</p>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorlesungsfolien R. Horn</li> <li>2. Skript zur Vorlesung F. Keil</li> <li>3. M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken, Technische Chemie, Wiley-VCH</li> <li>4. G. Emig, E. Klemm, Technische Chemie, Springer</li> <li>5. A. Behr, D. W. Agar, J. Jörissen, Einführung in die Technische Chemie</li> <li>6. E. Müller-Erlwein, Chemische Reaktionstechnik 2012, 2. Auflage, Teubner Verlag</li> <li>7. J. Hagen, Chemiereaktoren: Auslegung und Simulation, 2004, Wiley-VCH</li> <li>8. H. S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall B</li> <li>9. H. S. Fogler, Essentials of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall</li> <li>10. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, John Wiley &amp; Sons, 1998</li> <li>11. L. D. Schmidt, The Engineering of Chemical Reactions, Oxford Univ. Press, 2009</li> <li>12. J. B. Butt, Reaction Kinetics and Reactor Design, 2000, Marcel Dekker</li> <li>13. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Pubn. Inc., 2000</li> <li>14. M. E. Davis, R. J. Davis, Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, McGraw Hill</li> <li>15. G. F. Froment, K. B. Bischoff, J. De Wilde, Chemical Reactor Analysis and Design, John Wiley &amp; Sons, 2010</li> <li>16. A. Jess, P. Wasserscheid, Chemical Technology An Integrated Textbook, WILEY-VCH</li> <li>17. C. G. Hill, An Introduction to Chemical Engineering Kinetics &amp; Reactor Design, John Wiley &amp; Sons</li> </ol>

<b>Lehrveranstaltung L0287: Praktikum Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung)</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Durchführung und Auswertung mehrerer Versuche aus dem Gebiet der Chemischen Reaktionstechnik.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Fehlerfortpflanzung und Fehleranalyse</li> <li>* Stationäre Wicke-Kallenbach Diffusionsmessungen im Katalysatorpellet</li> <li>* Wechselwirkung von Diffusion und Reaktion im Katalysatorpellet, Dissoziation von Methanol auf Zinkoxid</li> <li>* Stofftransport in einem Gas/Flüssigkeitssystem</li> <li>* Stabilität eines kontinuierlichen Rührkessels (Hydrolyse von Essigsäureanhydrid)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Skript zur Vorlesung, als Buch in der TU-Bibliothek</p> <p>Praktikumsskript</p> <p>Levenspiel, O.: Chemical reaction engineering; John Wiley &amp; Sons, New York, 3. Ed., 1999 VTM 309(LB)</p> <p>Smith, J. M.: Chemical Engineering Kinetics, McGraw Hill, New York, 1981.</p> <p>Hill, C.: Chemical Engineering Kinetics &amp; Reactor Design, John Wiley, New York, 1977.</p> <p>Fogler, H. S. : Elements of Chemical Reaction Engineering , Prentice Hall, 2006</p> <p>M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken: Technische Chemie, VCH , 2006</p> <p>G. F. Froment, K. B. Bischoff: Chemical Reactor Analysis and Design, Wiley, 1990</p>

<b>Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering</b>			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Auslegung und Betrieb von Bioreaktoren (L1034)	Vorlesung	2	2
Bioreaktoren und Biosystemtechnik (L1037)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	2
Biosystemtechnik (L1036)	Vorlesung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Anna-Lena Heins		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> After completion of this module, participants will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• differentiate between different kinds of bioreactors and describe their key features</li> <li>• identify and characterize the peripheral and control systems of bioreactors</li> <li>• depict integrated biosystems (bioprocesses including up- and downstream processing)</li> <li>• name different sterilization methods and evaluate those in terms of different applications</li> <li>• recall and define the advanced methods of modern systems-biological approaches</li> <li>• connect the multiple "omics"-methods and evaluate their application for biological questions</li> <li>• recall the fundamentals of modeling and simulation of biological networks and biotechnological processes and to discuss their methods</li> <li>• assess and apply methods and theories of genomics, transcriptomics, proteomics and metabolomics in order to quantify and optimize biological processes at molecular and process levels.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> After completion of this module, participants will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe different process control strategies for bioreactors and chose them after analysis of characteristics of a given bioprocess</li> <li>• plan and construct a bioreactor system including peripherals from lab to pilot plant scale</li> <li>• adapt a present bioreactor system to a new process and optimize it</li> <li>• develop concepts for integration of bioreactors into bioproduction processes</li> <li>• combine the different modeling methods into an overall modeling approach, to apply these methods to specific problems and to evaluate the achieved results critically</li> <li>• connect all process components of biotechnological processes for a holistic system view.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> After completion of this module, participants will be able to debate technical questions in small teams to enhance the ability to take position to their own opinions and increase their capacity for teamwork.</p> <p>The students can reflect their specific knowledge orally and discuss it with other students and teachers.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> After completion of this module, participants will be able to solve a technical problem in teams of approx. 8-12 persons independently including a presentation of the results.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		



Lehrveranstaltung L1034: Bioreactor Design and Operation	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Anna-Lena Heins, Dr. Johannes Möller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Design of bioreactors and peripheries:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• reactor types and geometry</li> <li>• materials and surface treatment</li> <li>• agitation system design</li> <li>• insertion of stirrer</li> <li>• sealings</li> <li>• fittings and valves</li> <li>• peripherals</li> <li>• materials</li> <li>• standardization</li> <li>• demonstration in laboratory and pilot plant</li> </ul> <p><b>Sterile operation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• theory of sterilisation processes</li> <li>• different sterilisation methods</li> <li>• sterilisation of reactor and probes</li> <li>• industrial sterile test, automated sterilisation</li> <li>• introduction of biological material</li> <li>• autoclaves</li> <li>• continuous sterilisation of fluids</li> <li>• deep bed filters, tangential flow filters</li> <li>• demonstration and practice in pilot plant</li> </ul> <p><b>Instrumentation and control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperature control and heat exchange</li> <li>• dissolved oxygen control and mass transfer</li> <li>• aeration and mixing</li> <li>• used gassing units and gassing strategies</li> <li>• control of agitation and power input</li> <li>• pH and reactor volume, foaming, membrane gassing</li> </ul> <p><b>Bioreactor selection and scale-up:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• selection criteria</li> <li>• scale-up and scale-down</li> <li>• reactors for mammalian cell culture</li> </ul> <p><b>Integrated biosystem:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interactions and integration of microorganisms, bioreactor and downstream processing</li> <li>• Miniplant technologies</li> </ul> <p><b>Team work with presentation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation mode of selected bioprocesses (e.g. fundamentals of batch, fed-batch and continuous cultivation)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storhas, Winfried, Bioreaktoren und periphere Einrichtungen, Braunschweig: Vieweg, 1994</li> <li>• Chmiel, Horst, Bioprozeßtechnik; Springer 2011</li> <li>• Krahe, Martin, Biochemical Engineering, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry</li> <li>• Pauline M. Doran, Bioprocess Engineering Principles, Second Edition, Academic Press, 2013</li> <li>• Other lecture materials to be distributed</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L1037: Bioreactors and Biosystems Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Anna-Lena Heins, Dr. Johannes Möller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Introduction to Biosystems Engineering (Exercise)</b></p> <p><b>Experimental basis and methods for biosystems analysis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to genomics, transcriptomics and proteomics</li> <li>• More detailed treatment of metabolomics</li> <li>• Determination of in-vivo kinetics</li> <li>• Techniques for rapid sampling</li> <li>• Quenching and extraction</li> <li>• Analytical methods for determination of metabolite concentrations</li> </ul> <p><b>Analysis, modelling and simulation of biological networks</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metabolic flux analysis</li> <li>• Introduction</li> <li>• Isotope labelling</li> <li>• Elementary flux modes</li> <li>• Mechanistic and structural network models</li> <li>• Regulatory networks</li> <li>• Systems analysis</li> <li>• Structural network analysis</li> <li>• Linear and non-linear dynamic systems</li> <li>• Sensitivity analysis (metabolic control analysis)</li> </ul> <p><b>Modelling and simulation for bioprocess engineering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelling of bioreactors</li> <li>• Dynamic behaviour of bioprocesses</li> </ul> <p><b>Selected projects for biosystems engineering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miniaturisation of bioreaction systems</li> <li>• Miniplant technology for the integration of biosynthesis and downstream processing</li> <li>• Technical and economic overall assessment of bioproduction processes</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>E. Klipp et al. Systems Biology in Practice, Wiley-VCH, 2006</p> <p>R. Dohrn: Miniplant-Technik, Wiley-VCH, 2006</p> <p>G.N. Stephanopoulos et. al.: Metabolic Engineering, Academic Press, 1998</p> <p>I.J. Dunn et. al.: Biological Reaction Engineering, Wiley-VCH, 2003</p> <p>Lecture materials to be distributed</p>

<b>Lehrveranstaltung L1036: Biosystems Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Johannes Gescher, Prof. Anna-Lena Heins
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Introduction to Biosystems Engineering</b></p> <p><b>Experimental basis and methods for biosystems analysis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to genomics, transcriptomics and proteomics</li> <li>• More detailed treatment of metabolomics</li> <li>• Determination of in-vivo kinetics</li> <li>• Techniques for rapid sampling</li> <li>• Quenching and extraction</li> <li>• Analytical methods for determination of metabolite concentrations</li> </ul> <p><b>Analysis, modelling and simulation of biological networks</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metabolic flux analysis</li> <li>• Introduction</li> <li>• Isotope labelling</li> <li>• Elementary flux modes</li> <li>• Mechanistic and structural network models</li> <li>• Regulatory networks</li> <li>• Systems analysis</li> <li>• Structural network analysis</li> <li>• Linear and non-linear dynamic systems</li> <li>• Sensitivity analysis (metabolic control analysis)</li> </ul> <p><b>Modelling and simulation for bioprocess engineering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelling of bioreactors</li> <li>• Dynamic behaviour of bioprocesses</li> </ul> <p><b>Selected projects for biosystems engineering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miniaturisation of bioreaction systems</li> <li>• Miniplant technology for the integration of biosynthesis and downstream processin</li> <li>• Technical and economic overall assessment of bioproduction processes</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>E. Klipp et al. Systems Biology in Practice, Wiley-VCH, 2006</p> <p>R. Dohrn: Miniplant-Technik, Wiley-VCH, 2006</p> <p>G.N. Stephanopoulos et. al.: Metabolic Engineering, Academic Press, 1998</p> <p>I.J. Dunn et. al.: Biological Reaction Engineering, Wiley-VCH, 2003</p> <p>Lecture materials to be distributed</p>

Modul M0904: Projektierungskurs			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Projektierungskurs (L1050)		Projektierungskurs	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dozenten des SD V		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik</li> <li>• Transportprozesse</li> <li>• Prozess- und Anlagentechnik II</li> <li>• Strömungsmechanik in der Verfahrenstechnik</li> <li>• Chemische Reaktionstechnik - Vertiefung</li> <li>• Bioprocess- und Biosystemstechnik</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Nach erfolgreicher Teilnahme am Projektierungskurs wissen die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wie ein Team zur Bearbeitung einer komplexen verfahrenstechnischen Aufgabe zusammenarbeitet</li> <li>• welche Planungswerkzeuge für die zur Auslegung eines verfahrenstechnischen Prozesses benötigt werden</li> <li>• welche Hindernisse und Schwierigkeiten bei der Auslegung eines verfahrenstechnischen Prozesses auftreten</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> Studierende sind nach erfolgreicher Teilnahme in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auslegungswerkzeuge auf eine konkrete verfahrenstechnische Aufgabenstellung anzuwenden,</li> <li>• Verfahrenstechnische Anlagenkomponenten für ein Gesamtsystem auszuwählen und zu verknüpfen,</li> <li>• Alle wesentlichen Daten für die ökonomische und ökologische Bewertung eines Anlagenkonzeptes zusammenzustellen,</li> <li>• Methoden des Projektmanagements auf verfahrenstechnische Vorhaben anzuwenden.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können in international besetzten teams auf englisch diskutieren und unter Zeitdruck einen Lösungsweg erarbeiten.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben zu definieren, hierfür notwendiges Wissen aufbauend auf dem vermittelten Wissen selbst zu erarbeiten sowie geeignete Mittel zur Umsetzung einzusetzen. Sie können sich selbst im Team organisieren und Prioritäten vergeben.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	.		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L1050: Projektierungskurs	
<b>Typ</b>	Projektierungskurs
<b>SWS</b>	6
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
<b>Dozenten</b>	Dozenten des SD V
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Im Projektierungskurs sollen die Studierenden in Arbeitsgruppen den Gesamtkomplex einer energie- oder verfahrenstechnischen Anlage planen, die einzelnen Anlagenkomponenten auslegen und berechnen sowie eine vollständige Kostenkalkulation erarbeiten. Bei der Projektierung sind sicherheitstechnische Aspekte zu berücksichtigen sowie das Genehmigungsverfahren/Behördenengineering.
<b>Literatur</b>	

**Fachmodule der Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik**

**Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien**

**Lehrveranstaltungen**

<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung (L0021)	Vorlesung	2	2
Energiehandel und Energiemärkte (L0019)	Vorlesung	1	1
Energiehandel und Energiemärkte (L0020)	Gruppenübung	1	1
Tiefe Geothermie (L0025)	Vorlesung	2	2

**Modulverantwortlicher** Prof. Martin Kaltschmitt

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine

**Empfohlene Vorkenntnisse** Modul: Technische Thermodynamik I  
Modul: Technische Thermodynamik II

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

**Fachkompetenz**

*Wissen* Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die Prozesse im Energiehandel und die Gestaltung der Energiemärkte beschreiben und kritisch in Bezug zu aktuellen Problemstellungen bewerten. Des Weiteren sind sie in der Lage die thermodynamischen Grundlagen der elektrochemischen Energiewandlung in Brennstoffzellen zu erklären und den Bezug zu verschiedenen Bauarten von Brennstoffzellen und deren jeweiligem Aufbau herzustellen und zu erläutern. Die Studierenden können diese Technologie mit weiteren Energiespeichermöglichkeiten vergleichen. Zusätzlich können die Studenten einen Überblick über die Verfahrensweise und der energetischen Einbindung von tiefer Geothermie geben.

*Fertigkeiten* Die Studierenden können das erlernte Wissen zur Speicherung überschüssiger Energie anwenden, um für unterschiedlicher Energiesysteme Lösungsansätze für eine versorgungssichere Energiebereitstellung erläutern. Insbesondere können sie diesbezüglich häusliche, gewerbliche und industrielle Beheizungsanlagen unter Anwendung von Speichern energiesparend planen und berechnen, und im Bezug zu komplexen Energiesystemen beurteilen. In diesem Zusammenhang können die Studierenden die Potenziale und Grenzen von Geothermieanlagen einschätzen und deren Funktionsweise erläutern.

Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage die Vorgehensweisen und Strategien zur Vermarktung von Energie zu erläutern und im Kontext anderer Module auf erneuerbare Energieprojekte anwenden. In diesem Zusammenhang können die Studierenden eigenständig Analysen zur Bewertung von Energiehandel und Energiemärkten erstellen.

**Personale Kompetenzen**

*Sozialkompetenz* Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren.

*Selbstständigkeit* Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesungen erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen.

**Arbeitsaufwand in Stunden** Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84

**Leistungspunkte** 6

**Studienleistung** Keine

**Prüfung** Klausur

**Prüfungsdauer und -umfang** 3 Stunden

**Zuordnung zu folgenden Curricula**

Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht  
 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht  
 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht  
 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht  
 Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht  
 Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht  
 Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht  
 Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht  
 Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0021: Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Fröba
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die elektrochemische Energiewandlung</li> <li>2. Funktion und Aufbau von Elektrolyten</li> <li>3. Die Niedertemperatur-Brennstoffzellen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bauformen</li> <li>◦ Thermodynamik der PEM-Brennstoffzelle</li> <li>◦ Kühl- und Befeuchtungsstrategie</li> </ul> </li> <li>4. Die Hochtemperatur-Brennstoffzelle                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die MCFC</li> <li>◦ Die SOFC</li> <li>◦ Integrationsstrategien und Teilreformierung</li> </ul> </li> <li>5. Brennstoffe                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bereitstellung von Brennstoffen</li> <li>◦ Reformierung von Erdgas und Biogas</li> <li>◦ Reformierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen</li> </ul> </li> <li>6. Energetische Integration und Regelung von Brennstoffzellen-Systemen</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hamann, C.; Vielstich, W.: Elektrochemie 3. Aufl.; Weinheim: Wiley - VCH, 2003</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0019: Energiehandel und Energiemärkte	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Robert Gersdorf
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe und handelbare Produkte in Energiemärkten</li> <li>• Primärenergiemärkte</li> <li>• Strommärkte</li> <li>• Europäisches Emissionshandelssystem</li> <li>• Einfluss von Erneuerbaren Energien</li> <li>• Realoptionen</li> <li>• Risikomanagement</li> </ul> <p>Innerhalb der Übung werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p>
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L0020: Energiehandel und Energiemärkte	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Robert Gersdorf
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0025: Tiefe Geothermie</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Ben Norden
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die tiefe geothermische Nutzung</li> <li>2. Geologische Grundlagen I</li> <li>3. Geologische Grundlagen II</li> <li>4. Geologisch-thermische Aspekte</li> <li>5. Gesteinsphysikalische Aspekte</li> <li>6. Geochemische Aspekte</li> <li>7. Exploration tiefer geothermischer Reservoirs</li> <li>8. Bohrungstechnologien, Verrohrung und Ausbau</li> <li>9. Bohrlochgeophysik</li> <li>10. Untertägige Systemcharakterisierung und Reservoirengineering</li> <li>11. Mikrobiologie und Obertägige Systemkomponenten</li> <li>12. Angepasste Anlagenkonzepte, Kosten und Umweltaspekt</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dippippo, R.: Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. Butterworth Heinemann; 3rd revised edition. (29. Mai 2012)</li> <li>• www.geo-energy.org</li> <li>• Edenhofer et al. (eds): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation; Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2012.</li> <li>• Kaltschmitt et al. (eds): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer, 5. Aufl. 2013.</li> <li>• Kaltschmitt et al. (eds): Energie aus Erdwärme. Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 1999 (3. September 2001)</li> <li>• Huenges, E. (ed.): Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization. Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA; Auflage: 1. Auflage (19. April 2010)</li> </ul>

Modul M0874: Abwassersysteme			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Biologische Abwasserreinigung (L0517)	Vorlesung	2	2
Biologische Abwasserreinigung (L3122)	Hörsaalübung	1	1
Physikalische und chemische Abwasserbehandlung (L0357)	Vorlesung	2	2
Physikalische und chemische Abwasserbehandlung (L0358)	Hörsaalübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Joachim Behrendt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnis abwasserwasserwirtschaftlicher Maßnahmenfelder sowie der zentralen Prozesse der Abwasserwasseraufbereitung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die ganze Breite der Anlagentechniken bei siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen und deren gegenseitige Abhängigkeit für einen nachhaltigen Gewässerschutz beschreiben. Sie können relevante ökonomische, ökologische und soziale Aspekte wiedergeben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende können verfügbare Abwasseraufbereitungsverfahren in der Breite der Anwendungen für Vorentwürfe auslegen und erklären, sowohl für kommunale als auch für einige industrielle Anlagen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Im Rahmen dieses Moduls werden Sozialkompetenzen nicht gezielt angesprochen.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage selbstständig und planvoll ein Thema zu erarbeiten und dieses zu präsentieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Pflicht		

Lehrveranstaltung L0517: Biologische Abwasserreinigung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Charakterisierung von Abwasser Stoffwechseltypen von Mikroorganismen Kinetik biologischer Stoffumwandlung Berechnung von Bioreaktoren zur Abwasserreinigung Konzepte in der biologischen Abwasserreinigung Design WWTP Exkursion zur Kläranlage Seevetal Klüsing Biofilme Biofilmreaktoren Anaerobe Verfahren Ressourcen orientierte Sanitärtechnik Zukünftige Herausforderungen in der Abwasserforschung
<b>Literatur</b>	<b>Gujer, Willi</b> Siedlungswasserwirtschaft : mit 84 Tabellen ISBN: 3540343296 (Gb.) URL: <a href="http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf">http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf</a> URL: <a href="http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm">http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm</a> Berlin [u.a.] : Springer, 2007 TUB_HH_Katalog <b>Henze, Mogens</b> Wastewater treatment : biological and chemical processes



ISBN: 3540422285 (Pp.)  
 Berlin [u.a.] : Springer, 2002  
 TUB\_HH\_Katalog

**Imhoff, Karl** (Imhoff, Klaus R.;)  
 Taschenbuch der Stadtentwässerung : mit 10 Tafeln  
 ISBN: 3486263331 ((Gb.))  
 München [u.a.] : Oldenbourg, 1999  
 TUB\_HH\_Katalog

**Lange, Jörg** (Otterpohl, Ralf; Steger-Hartmann, Thomas;)  
 Abwasser : Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft  
 ISBN: 3980350215 (kart.) URL: <http://www.gbv.de/du/services/agi/52567E5D44DA0809C12570220050BF25/000000700334>  
 Donaueschingen-Pföhren : Mall-Beton-Verl., 2000  
 TUB\_HH\_Katalog

**Mudrack, Klaus** (Kunst, Sabine;)  
 Biologie der Abwasserreinigung : 18 Tabellen  
 ISBN: 382741427X URL: <http://www.gbv.de/du/services/agi/94B581161B6EC747C1256E3F005A8143/420000114903>  
 Heidelberg [u.a.] : Spektrum, Akad. Verl., 2003  
 TUB\_HH\_Katalog

**Tchobanoglous, George** (Metcalf & Eddy, Inc., ;)  
 Wastewater engineering : treatment and reuse  
 ISBN: 0070418780 (alk. paper) ISBN: 0071122508 (ISE (\*pbk))  
 Boston [u.a.] : McGraw-Hill, 2003  
 TUB\_HH\_Katalog

**Henze, Mogens**  
 Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3  
 ISBN: 1900222248  
 London : IWA Publ., 2002  
 TUB\_HH\_Katalog

**Kunz, Peter**  
 Umwelt-Bioverfahrenstechnik  
 Vieweg, 1992

**Bauhaus-Universität., Arbeitsgruppe Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt** (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, ;)  
 Abwasserbehandlung : Gewässerbelastung, Bemessungsgrundlagen, Mechanische Verfahren, Biologische Verfahren, Reststoffe aus der Abwasserbehandlung, Kleinkläranlagen  
 ISBN: 3860682725 URL: [http://www.gbv.de/dms/weimar/toc/513989765\\_toc.pdf](http://www.gbv.de/dms/weimar/toc/513989765_toc.pdf) URL:  
[http://www.gbv.de/dms/weimar/abs/513989765\\_abs.pdf](http://www.gbv.de/dms/weimar/abs/513989765_abs.pdf)  
 Weimar : Universitätsverl, 2006  
 TUB\_HH\_Katalog

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall**  
 DWA-Regelwerk  
 Hennef : DWA, 2004  
 TUB\_HH\_Katalog

**Wiesmann, Udo** (Choi, In Su; Dombrowski, Eva-Maria;)  
 Fundamentals of biological wastewater treatment  
 ISBN: 3527312196 (Gb.) URL: [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm)  
 Weinheim : WILEY-VCH, 2007  
 TUB\_HH\_Katalog

Lehrveranstaltung L3122: Biologische Abwasserreinigung	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0357: Advanced Wastewater Treatment</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Survey on advanced wastewater treatment</p> <p>reuse of reclaimed municipal wastewater</p> <p>Precipitation</p> <p>Flocculation</p> <p>Depth filtration</p> <p>Membrane Processes</p> <p>Activated carbon adsorption</p> <p>Ozonation</p> <p>"Advanced Oxidation Processes"</p> <p>Disinfection</p>
<b>Literatur</b>	<p>Metcalf &amp; Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Boston 2003</p> <p>Wassertechnologie, H.H. Hahn, Springer-Verlag, Berlin 1987</p> <p>Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, T. Melin und R. Rautenbach, Springer-Verlag, Berlin 2007</p> <p>Trinkwasserdesinfektion: Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung, W. Roeske, Oldenbourg-Verlag, München 2006</p> <p>Organische Problemstoffe in Abwässern, H. Gulyas, GFEU, Hamburg 2003</p>

<b>Lehrveranstaltung L0358: Advanced Wastewater Treatment</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Aggregate organic compounds (sum parameters)</p> <p>Industrial wastewater</p> <p>Processes for industrial wastewater treatment</p> <p>Precipitation</p> <p>Flocculation</p> <p>Activated carbon adsorption</p> <p>Recalcitrant organic compounds</p>
<b>Literatur</b>	<p>Metcalf &amp; Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Boston 2003</p> <p>Wassertechnologie, H.H. Hahn, Springer-Verlag, Berlin 1987</p> <p>Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, T. Melin und R. Rautenbach, Springer-Verlag, Berlin 2007</p> <p>Trinkwasserdesinfektion: Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung, W. Roeske, Oldenbourg-Verlag, München 2006</p> <p>Organische Problemstoffe in Abwässern, H. Gulyas, GFEU, Hamburg 2003</p>

Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Hochdruckanlagenbau (L1278)		Vorlesung	2            2
Industrielle Verfahren unter Hohen Drücken (L0116)		Vorlesung	2            2
Moderne Trennverfahren (L0094)		Vorlesung	2            2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Monika Johannsen		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Chemie, Chemische und Thermische Verfahrenstechnik, Fluidverfahrenstechnik, Trenntechnik, Thermodynamik, Mehrphasengleichgewichte		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Nach erfolgreicher Teilnahme können Studierende: <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Einfluss des Drucks auf die physikalisch-chemischen und thermodynamischen Eigenschaften eines Fluids erklären,</li> <li>• thermodynamische Grundlagen für Verfahren mit überkritischen Fluiden beschreiben,</li> <li>• Modelle zur Beschreibung von Feststoffextraktion und Gegenstromextraktion erläutern,</li> <li>• Parameter zur Optimierung von Prozessen mit überkritischen Fluiden diskutieren.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trennverfahren mit überkritischen Fluiden und mit konventionellen Lösungsmitteln zu vergleichen,</li> <li>• bei gegebener Trennaufgabe das Anwendungspotential von Hochdruckverfahren zu beurteilen,</li> <li>• Hochdruckverfahren im Ablauf einer vorgegebenen komplexen Industrieanwendung einzuplanen,</li> <li>• die Wirtschaftlichkeit von Hochdruckverfahren hinsichtlich Investition und Betriebskosten einzuschätzen,</li> <li>• unter Anleitung einen experimentellen Versuch an einer Hochdruckanlage durchzuführen,</li> <li>• experimentelle Ergebnisse zu beurteilen,</li> <li>• ein Versuchsprotokoll anzufertigen.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• in 2er Teams wissenschaftliche Artikel zu präsentieren und die Inhalte gemeinsam zu verteidigen</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja      15 %	Referat	
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1278: Hochdruckanlagenbau</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Hans Häring
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rechtliche Grundlagen (Gesetz, Verordnung, Richtlinie, Standard/Norm)</li> <li>2. Berechnungsgrundlagen Druckgeräte (AD-Regelwerk, ASME-Regelwerk, GL Vorschriften, weitere Berechnungsmethoden)</li> <li>3. Spannungshypothesen</li> <li>4. Werkstoffauswahl, Fertigungsverfahren</li> <li>5. Dünnwandige Behälter</li> <li>6. Dickwandige Behälter</li> <li>7. Sicherheitseinrichtungen</li> <li>8. Sicherheitsanalysen</li> </ol> <p style="text-align: center;">Anwendungsschwerpunkte</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Unterwassertechnik (bemannte und unbemannte Druckbehälter, PVHO Code)</li> <li>10. Dampfkessel</li> <li>11. Wärmetauscher</li> <li>12. LPG, LEG Transport-tanks (Bilobe Bauart, IMO Type C tanks)</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Apparate und Armaturen in der chemischen Hochdrucktechnik, Springer Verlag</p> <p>Spain and Paauwe: High Pressure Technology, Vol. I und II, M. Dekker Verlag</p> <p>AD-Merkblätter, Heumanns Verlag</p> <p>Bertuccio; Vetter: High Pressure Process Technology, Elsevier Verlag</p> <p>Sherman; Stadtmüller: Experimental Techniques in High-Pressure Research, Wiley &amp; Sons Verlag</p> <p>Klapp: Apparate- und Anlagentechnik, Springer Verlag</p>

Lehrveranstaltung L0116: Industrial Processes Under High Pressure	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Carsten Zetzl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Part I : Physical Chemistry and Thermodynamics</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction: Overview, achieving high pressure, range of parameters.</li> <li>2. Influence of pressure on properties of fluids: P,v,T-behaviour, enthalpy, internal energy, entropy, heat capacity, viscosity, thermal conductivity, diffusion coefficients, interfacial tension.</li> <li>3. Influence of pressure on heterogeneous equilibria: Phenomenology of phase equilibria</li> <li>4. Overview on calculation methods for (high pressure) phase equilibria). Influence of pressure on transport processes, heat and mass transfer.</li> </ol> <p>Part II : High Pressure Processes</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Separation processes at elevated pressures: Absorption, adsorption (pressure swing adsorption), distillation (distillation of air), condensation (liquefaction of gases)</li> <li>6. Supercritical fluids as solvents: Gas extraction, cleaning, solvents in reacting systems, dyeing, impregnation, particle formation (formulation)</li> <li>7. Reactions at elevated pressures. Influence of elevated pressure on biochemical systems: Resistance against pressure</li> </ol> <p><b>Part III : Industrial production</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Reaction : Haber-Bosch-process, methanol-synthesis, polymerizations; Hydrations, pyrolysis, hydrocracking; Wet air oxidation, supercritical water oxidation (SCWO)</li> <li>9. Separation : Linde Process, De-Caffeination, Petrol and Bio-Refinery</li> <li>10. Industrial High Pressure Applications in Biofuel and Biodiesel Production</li> <li>11. Sterilization and Enzyme Catalysis</li> <li>12. Solids handling in high pressure processes, feeding and removal of solids, transport within the reactor.</li> <li>13. Supercritical fluids for materials processing.</li> <li>14. Cost Engineering</li> </ol> <p>Learning Outcomes: After a successful completion of this module, the student should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- understand of the influences of pressure on properties of compounds, phase equilibria, and production processes.</li> <li>- Apply high pressure approaches in the complex process design tasks</li> <li>- Estimate Efficiency of high pressure alternatives with respect to investment and operational costs</li> </ul> <p>Performance Record:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presence (28 h)</li> <li>2. Oral presentation of original scientific article (15 min) with written summary</li> <li>3. Written examination and Case study ( 2+3 : 32 h Workload)</li> </ol> <p>Workload: 60 hours total</p>
<b>Literatur</b>	<p>Literatur:</p> <p>Script: High Pressure Chemical Engineering. G. Brunner: Gas Extraction. An Introduction to Fundamentals of Supercritical Fluids and the Application to Separation Processes. Steinkopff, Darmstadt, Springer, New York, 1994.</p>

Lehrveranstaltung L0094: Advanced Separation Processes	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Monika Johannsen
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction/Overview on Properties of Supercritical Fluids (SCF) and their Application in Gas Extraction Processes</li> <li>• Solubility of Compounds in Supercritical Fluids and Phase Equilibrium with SCF</li> <li>• Extraction from Solid Substrates: Fundamentals, Hydrodynamics and Mass Transfer</li> <li>• Extraction from Solid Substrates: Applications and Processes (including Supercritical Water)</li> <li>• Countercurrent Multistage Extraction: Fundamentals and Methods, Hydrodynamics and Mass Transfer</li> <li>• Countercurrent Multistage Extraction: Applications and Processes</li> <li>• Solvent Cycle, Methods for Precipitation</li> <li>• Supercritical Fluid Chromatography (SFC): Fundamentals and Application</li> <li>• Simulated Moving Bed Chromatography (SMB)</li> <li>• Membrane Separation of Gases at High Pressures</li> <li>• Separation by Reactions in Supercritical Fluids (Enzymes)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	G. Brunner: Gas Extraction. An Introduction to Fundamentals of Supercritical Fluids and the Application to Separation Processes. Steinkopff, Darmstadt, Springer, New York, 1994.

Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Entwurf von ökologischen Dörfern - Wasser, Energie, Boden und Nahrungsmittelnexus (L1229)		Seminar	2
Wasser- & Abwassersysteme im globalen Kontext (L0939)		Vorlesung	4
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Ralf Otterpohl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of the global situation with rising poverty, soil degradation, migration to cities, lack of water resources and sanitation		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Students can describe the facets of the global water situation. Students can judge the enormous potential of the implementation of synergistic systems in Water, Soil, Food and Energy supply.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to design ecological settlements for different geographic and socio-economic conditions for the main climates around the world.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	The students are able to develop a specific topic in a team and to work out milestones according to a given plan.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are in a position to work on a subject and to organize their work flow independently. They can also present on this subject.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Semesterbegleitend werden Meilensteine erarbeitet, vorgetragen und schriftlich festgehalten. Genaueres findet man ab jeweiligem Semesterbeginn im Stud Ip Kurs im herunterladbarem Modulhandbuch.		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Environmental Engineering: Kernqualifikation: Wahlpflicht Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1229: Ecological Town Design - Water, Energy, Soil and Food Nexus	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Otterpohl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participants Workshop: Design of the most attractive productive Town</li> <li>• Keynote lecture and video</li> <li>• The limits of Urbanization / Green Cities</li> <li>• The tragedy of the Rural: Soil degradation, agro chemical toxification, migration to cities</li> <li>• Global Ecovillage Network: Upsides and Downsides around the World</li> <li>• Visit of an Ecovillage</li> <li>• Participants Workshop: Resources for thriving rural areas, Short presentations by participants, video competition</li> <li>• TUHH Rural Development Toolbox</li> <li>• Integrated New Town Development</li> <li>• Participants workshop: Design of New Towns: Northern, Arid and Tropical cases</li> <li>• Outreach: Participants campaign</li> <li>• City with the Rural: Resilience, quality of live and productive biodiversity</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ralf Otterpohl 2013: Gründer-Gruppen als Lebensentwurf: "Synergistische Wertschöpfung in erweiterten Kleinstadt- und Dorfstrukturen", in „Regionales Zukunftsmanagement Band 7: Existenzgründung unter regionalökonomischer Perspektive, Pabst Publisher, Lengerich</li> <li>• <a href="http://youtu.be/9hmkgN0nBgk">http://youtu.be/9hmkgN0nBgk</a> (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation)</li> <li>• TEDx New Town Ralf Otterpohl: <a href="http://youtu.be/_M0J2u9BrbU">http://youtu.be/_M0J2u9BrbU</a></li> </ul>

Lehrveranstaltung L0939: Water & Wastewater Systems in a Global Context	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Otterpohl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keynote lecture and video</li> <li>• Water &amp; Soil: Water availability as a consequence of healthy soils</li> <li>• Water and it's utilization, Integrated Urban Water Management</li> <li>• Water &amp; Energy, lecture and panel discussion pro and con for a specific big dam project</li> <li>• Rainwater Harvesting on Catchment level, Holistic Planned Grazing, Multi-Use-Reforestation</li> <li>• Sanitation and Reuse of water, nutrients and soil conditioners, Conventional and Innovative Approaches</li> <li>• Why are there excreta in water? Public Health, Awareness Campaigns</li> <li>• Rehearsal session, Q&amp;A</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montgomery, David R. 2007: Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press</li> <li>• Liu, John D.: <a href="http://eempc.org/hope-in-a-changing_climate/">http://eempc.org/hope-in-a-changing_climate/</a> (Integrated regeneration of the Loess Plateau, China, and sites in Ethiopia and Rwanda)</li> <li>• <a href="http://youtu.be/9hmkgn0nBgk">http://youtu.be/9hmkgn0nBgk</a> (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation)</li> </ul>



Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0576)		Vorlesung	2            3
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0582)		Gruppenübung	2            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Daniel Ruprecht		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik I, II, III für Ingenieurstudierende (deutsch oder englisch) oder Analysis &amp; Lineare Algebra I + II sowie Analysis III für Technomathematiker*innen.</li> <li>• Grundkenntnisse in MATLAB, Python oder einer vergleichbaren Programmiersprache.</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen benennen und deren Kernideen erläutern,</li> <li>• Aussagen zur Konvergenz (inklusive der an das zugrundeliegende Problem gestellten Voraussetzungen) zu den behandelten numerischen Verfahren wiedergeben,</li> <li>• Aspekte der praktischen Durchführung numerischer Verfahren erklären,</li> <li>• passende numerische Methoden für konkrete Probleme auswählen, implementieren und die numerischen Ergebnisse interpretieren.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> Studierende sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Methoden zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen zu implementieren, anzuwenden und zu vergleichen,</li> <li>• das Konvergenzverhalten numerischer Methoden in Abhängigkeit vom gestellten Problem und des verwendeten Lösungsalgorithmus zu begründen,</li> <li>• zu gegebener Problemstellung einen geeigneten Lösungsansatz zu entwickeln, gegebenenfalls durch Zusammensetzen mehrerer Algorithmen, diesen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch auszuwerten.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten, sich gegenseitig theoretische Grundlagen erklären sowie einander bei der praktischen Implementierung der Algorithmen unterstützen.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Studierende sind fähig,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen und</li> <li>• ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung I. Mathematics: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Interdisciplinary Mathematics: Vertiefung II. Numerical - Modelling Training: Pflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0576: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Daniel Ruprecht
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Numerische Verfahren für Anfangswertprobleme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschrittverfahren</li> <li>• Mehrschrittverfahren</li> <li>• Steife Probleme</li> <li>• Differentiell-algebraische Gleichungen vom Index 1</li> </ul> <p>Numerische Verfahren für Randwertaufgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrzielmethode</li> <li>• Differenzenverfahren</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Hairer, S. Noersett, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems.</li> <li>• E. Hairer, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems.</li> <li>• D. Griffiths, D. Higham: Numerical Methods for Ordinary Differential Equations.</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0582: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Daniel Ruprecht
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0914: Technical Microbiology			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Angewandte Molekularbiologie (L0877)		Vorlesung	2      3
Technische Mikrobiologie (L0999)		Vorlesung	2      2
Technische Mikrobiologie (L1000)		Hörsaalübung	1      1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Johannes Gescher		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Bachelor with basic knowledge in microbiology and genetics		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	After successfully finishing this module, students are able <ul style="list-style-type: none"> <li>• to give an overview of genetic processes in the cell</li> <li>• to explain the application of industrial relevant biocatalysts</li> <li>• to explain and prove genetic differences between pro- and eukaryotes</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	After successfully finishing this module, students are able <ul style="list-style-type: none"> <li>• to explain and use advanced molecularbiological methods</li> <li>• to recognize problems in interdisciplinary fields</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to <ul style="list-style-type: none"> <li>• write protocols and PBL-summaries in teams</li> <li>• to lead and advise members within a PBL-unit in a group</li> <li>• develop and distribute work assignments for given problems</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to <ul style="list-style-type: none"> <li>• search information for a given problem by themselves</li> <li>• prepare summaries of their search results for the team</li> <li>• make themselves familiar with new topics</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min Klausur		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0877: Applied Molecular Biology	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Johannes Gescher
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Lecture and PBL - Methods in genetics / molecular cloning - Industrial relevance of microbes and their biocatalysts - Biotransformation at extreme conditions - Genomics - Protein engineering techniques - Synthetic biology
<b>Literatur</b>	Relevante Literatur wird im Kurs zur Verfügung gestellt. Grundwissen in Molekularbiologie, Genetik, Mikrobiologie und Biotechnologie erforderlich. Lehrbuch: Brock - Mikrobiologie / Microbiology (Madigan et al.)

Lehrveranstaltung L0999: Technical Microbiology	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Johannes Gescher
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• History of microbiology and biotechnology</li> <li>• Enzymes</li> <li>• Molecular biology</li> <li>• Fermentation</li> <li>• Downstream Processing</li> <li>• Industrial microbiological processes</li> <li>• Technical enzyme application</li> <li>• Biological Waste Water treatment</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<b>Microbiology</b> , 2013, Madigan, M., Martinko, J. M., Stahl, D. A., Clark, D. P. (eds.), formerly „Brock“, Pearson <b>Industrielle Mikrobiologie</b> , 2012, Sahn, H., Antranikian, G., Stahmann, K.-P., Takors, R. (eds.) Springer Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. <b>Angewandte Mikrobiologie</b> , 2005, Antranikian, G. (ed.), Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.

Lehrveranstaltung L1000: Technical Microbiology	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Johannes Gescher
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0721: Klimaanlage			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Klimaanlagen (L0594)		Vorlesung	3
Klimaanlagen (L0595)		Hörsaalübung	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Arne Speerforck		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Technische Thermodynamik I, II, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Studierende kennen die verschiedenen Arten von Klimaanlage und die dazugehörenden Regelungskonzepte für stationäre und mobile Anwendungen. Sie beherrschen die Zustandsänderungen feuchter Luft im $h_1+x,x$ -Diagramm. Sie sind in der Lage die aus hygienischen Gründen notwendigen Luftvolumenströme für Aufenthaltsräume von Personen zu bestimmen und können dazu die geeigneten Filterverfahren auswählen. Ihnen sind grundlegende Raumströmungszustände bekannt und sie können einfache Verfahren zur Berechnung einer Strömung in Räumen anwenden. Sie wissen, wie ein Kanalnetz ausgelegt und berechnet wird. Sie sind mit verschiedenen Verfahren zur Erzeugung von Kälte vertraut und können die entsprechenden Prozesse in den geeigneten thermodynamischen Diagrammen darstellen. Sie kennen die verschiedenen Umweltbewertungskriterien für Kältemittel.		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende beherrschen die Berechnung von Klimaanlage für stationäre und mobile Anwendungen. Sie können eine Kanalnetzberechnung durchführen und sind befähigt, einfache Planungsaufgaben selbstständig unter Berücksichtigung der Einbindung natürlicher Wärmequellen und -senken durchzuführen. Sie sind in der Lage aktuelle Forschungsergebnisse in die Praxis zu übertragen und wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Klimatechnik selbstständig durchzuführen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in Vorlesung und Übung anhand vieler Beispiele und Experimente zielorientiert in Kleingruppen diskutieren, einen Lösungsweg erarbeiten und diesen darstellen. Sie können im Rahmen von Übungsaufgaben eigenständig weitergehende Fragestellungen entwickeln und zielgerechte Lösungen ausarbeiten.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben zu definieren, hierfür notwendiges Wissen aufbauend auf dem vermittelten Wissen selbst zu erarbeiten sowie geeignete Mittel zur Umsetzung einzusetzen. In den Übungen diskutieren die Studierenden die in den Vorlesungen vermittelten Methoden anhand komplexer Aufgabenstellungen und analysieren die Ergebnisse kritisch.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Schiffsmaschinenbau: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Luftfahrtsysteme: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0594: Klimaanlage	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	5
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 108, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Arne Speerforck, Prof. Gerhard Schmitz
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	1. Überblick über Klimaanlage 1.1 Einteilung von Klimaanlage1.2 Lüftung1.3 Aufbau und Funktion von Klimaanlage2. Thermodynamische Prozesse in Klimaanlage2.1 Das $h,x$ -Diagramm für feuchte Luft2.2 Mischkammer, Vorwärmer, Nachwärmer2.3 Luftkühler2.4 Luftbefeuchter2.5 Darstellung des konventionellen Klimaanlageprozesses im $h,x$ -Diagramm2.6 Sorptionsgestützte Klimatisierung3. Berechnung der Heiz- und Kühlleistung3.1 Heizlast und Heizleistung3.2 Kühllasten und Kühlleistung3.3 Berechnung der inneren Kühllast3.4 Berechnung der äußeren Kühllast4. Lufttechnische Anlagen4.1 Frischluftbedarf4.2 Raumluftströmung4.3 Kanalnetzrechnung4.4 Ventilatoren4.5 Filter5. Kälteanlagen5.1. Kaltdampfkomppressionskälteanlagen5.2Absorptionskälteanlagen
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmitz, G.: Klimaanlage, Skript zur Vorlesung</li> <li>• VDI Wärmeatlas, 11. Auflage, Springer Verlag, Düsseldorf 2013</li> <li>• Herwig, H.; Moschallski, A.: Wärmeübertragung, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2009</li> <li>• Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schrammek, E.-R.: Taschenbuch für Heizung- und Klimatechnik 2013/2014, 76. Auflage, Deutscher Industrieverlag, 2013</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0595: Klimaanlage	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Arne Speerforck, Prof. Gerhard Schmitz
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Bioökonomie (L2797)	Vorlesung	2	2
Chemische Kinetik (L0508)	Vorlesung	2	2
Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen (L0052)	Vorlesung	2	3
Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie (L2021)	Vorlesung	2	2
Optik für Ingenieure (L2437)	Vorlesung	3	3
Optik für Ingenieure (L2438)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Sicherheit chemischer Reaktionen (L1321)	Vorlesung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Schlüter		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Die Studierenden sollten die Bachelor-Veranstaltungen "Verfahrenstechnik" erfolgreich absolviert haben.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte verfahrenstechnische Spezialgebiete innerhalb der Verfahrenstechnik zu verorten. Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende technische Zusammenhänge und Modelle erklären.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können in international besetzten Teams auf englisch diskutieren und unter Zeitdruck einen Lösungsweg erarbeiten.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende können selbstständig auswählen, welche Kenntnisse und Fähigkeiten sie durch die Wahl der geeigneten Fächer vertiefen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2797: Bioeconomy	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min
<b>Dozenten</b>	Prof. Garabed Antranikian
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	Bioeconomy is the production, utilization and conservation of biological resources, including related knowledge, science, technology, and innovation, to provide information products, processes, and services across all economic sectors aiming towards a sustainable biobased technology. In this course the significance of various topics including the production and processing of biomass, economics, logistic as well as management will be discussed. Technologies aiming at the production of renewable biological resources and the conversion of these resources and waste streams into value-added products, such as food, feed, bio-based products (textiles, bioplastics, chemicals, pharmaceuticals) and bioenergy will be presented. Biological tools including microorganisms and enzymes will be introduced. This approach with a focus on chemical and process engineering will provide a smooth transition from crude oil-based industry to Sustainable Circular Bioeconomy taking into consideration the environmental issues. This sustainable use of renewable resources for industrial purposes will ensure environmental protection and a long-term balance of social and economic gains.
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L0508: Chemical Kinetics	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Micro kinetics, formal kinetics, molecularity, reaction order, integrated rate laws</li> <li>- Complex reactions, reversible reactions, consecutive reactions, parallel reactions, approximation methods: steady-state, pseudo-first order, numerical solution of rate equations , example : Belousov-Zhabotinskii reaction</li> <li>- Experimental methods of kinetics, integral approach, differential approach, initial rate method, method of half-life, relaxation methods</li> <li>- Collision theory, Maxwell velocity distribution, collision numbers, line of centers model</li> <li>- Transition state theory, partition functions of atoms and molecules, examples, calculating reaction equilibria on the basis of molecular data only, heats of reaction, calculating rates of reaction by means of statistical thermodynamics</li> <li>- Kinetics of heterogeneous reactions, peculiarities of heterogeneous reactions, mean-field approximation, Langmuir adsorption isotherm, reaction mechanisms, Langmuir-Hinshelwood Mechanism, Eley-Rideal Mechanism, steady-state approximation, quasi-equilibrium approximation, most abundant reaction intermediate (MARI), reaction order, apparent activation energy, example: CO oxidation, transition state theory of surface reactions, Sabatier´s principle, sticking coefficient, parameter fitting</li> <li>- Explosions, cold flames</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>J. I. Steinfeld, J. S. Francisco, W. L. Hase: Chemical Kinetics &amp; Dynamics, Prentice Hall</p> <p>K. J. Laidler: Chemical Kinetics, Harper &amp; Row Publishers</p> <p>R. K. Masel. Chemical Kinetics &amp; Catalysis , Wiley</p> <p>I. Chorkendorff,, J. W. Niemantsverdriet: Concepts of modern Catalysis and Kinetics, Wiley</p>

Lehrveranstaltung L0052: Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min
<b>Dozenten</b>	Prof. Werner Sitzmann
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Die großtechnische Anwendung verfahrenstechnischer Grundoperationen wird an aktuellen Beispielen der Verarbeitung fester Biomassen demonstriert. Hierzu gehören unter anderem: Zerkleinern, Fördern und Dosieren, Trocknen und Agglomerieren nachwachsender Rohstoffe im Rahmen der Herstellung von Brennstoffen, der Bioethanolerzeugung, der Gewinnung und Veredelung von Pflanzenölen, von Biomass-to-liquid-Prozessen sowie der Herstellung von wood-plastic-composites. Aspekte zum Explosionsschutz und zur Anlagenplanung ergänzen die Vorlesung.
<b>Literatur</b>	<p>Kaltschmitt M., Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Bioamasse, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-64853-4</p> <p>Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe,</p> <p>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <a href="http://www.nachwachsende-rohstoffe.de">www.nachwachsende-rohstoffe.de</a></p> <p>Bockisch M.: Nahrungsfette und -öle, Ulmer Verlag, 1993, ISBN 380000158175</p>

Lehrveranstaltung L2021: Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	12 Seiten
<b>Dozenten</b>	Prof. Frank Kleine Jäger
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	



Lehrveranstaltung L2437: Optics for Engineers	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Prüfungsart</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion
<b>Dozenten</b>	Prof. Thorsten Kern
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic values for optical systems and lighting technology</li> <li>• Spectrum, black-bodies, color-perception</li> <li>• Light-Sources und their characterization</li> <li>• Photometrics</li> <li>• Ray-Optics</li> <li>• Matrix-Optics</li> <li>• Stops, Pupils and Windows</li> <li>• Light-field Technology</li> <li>• Introduction to Wave-Optics</li> <li>• Introduction to Holography</li> </ul>
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L2438: Optics for Engineers	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Prüfungsart</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion
<b>Dozenten</b>	Prof. Thorsten Kern
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L1321: Sicherheit chemischer Reaktionen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min
<b>Dozenten</b>	Dr. Marko Hoffmann
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Modul M0898: Heterogeneous Catalysis			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Analyse und Auslegung Heterogen Katalytischer Reaktoren (L0223)	Vorlesung	2	2
Moderne Methoden in der Heterogenen Katalyse (L0533)	Vorlesung	2	2
Moderne Methoden in der Heterogenen Katalyse (L0534)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Raimund Horn		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Content of the bachelor-modules "process technology", as well as particle technology, fluidmechanics in process-technology and transport processes.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	The students are able to apply their knowledge to explain industrial catalytic processes as well as indicate different synthesis routes of established catalyst systems. They are capable to outline dis-/advantages of supported and full-catalysts with respect to their application. Students are able to identify analytical tools for specific catalytic applications.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	After successful completion of the module, students are able to use their knowledge to identify suitable analytical tools for specific catalytic applications and to explain their choice. Moreover the students are able to choose and formulate suitable reactor systems for the current synthesis process. Students can apply their knowledge discretely to develop and conduct experiments. They are able to appraise achieved results into a more general context and draw conclusions out of them.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	The students are able to plan, prepare, conduct and document experiments according to scientific guidelines in small groups.		
<i>Sozialkompetenz</i>	The students can discuss their subject related knowledge among each other and with their teachers.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students are able to obtain further information for experimental planning and assess their relevance autonomously.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja            Keiner	Referat	
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0223: Analysis and Design of Heterogeneous Catalytic Reactors	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Material- and Energybalance of the two-dimensional zweidimensionalen pseudo-homogeneous reactor model</li> <li>2. Numerical solution of ordinary differential equations (Euler, Runge-Kutta, solvers for stiff problems, step controlled solvers)</li> <li>3. Reactor design with one-dimensional models (ethane cracker, catalyst deactivation, tubular reactor with deactivating catalyst, moving bed reactor with regenerating catalyst, riser reactor, fluidized bed reactor)</li> <li>4. Partial differential equations (classification, numerical solution Lösung, finite difference method, method of lines)</li> <li>5. Examples of reactor design (isothermal tubular reactor with axial dispersion, dehydrogenation of ethyl benzene, wrong-way behaviour)</li> <li>6. Boundary value problems (numerical solution, shooting method, concentration- and temperature profiles in a catalyst pellet, multiphase reactors, trickle bed reactor)</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lecture notes R. Horn</li> <li>2. Lecture notes F. Keil</li> <li>3. G. F. Froment, K. B. Bischoff, J. De Wilde, Chemical Reactor Analysis and Design, John Wiley &amp; Sons, 2010</li> <li>4. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Publ. Inc., 2000</li> </ol>

Lehrveranstaltung L0533: Modern Methods in Heterogeneous Catalysis	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Heterogeneous Catalysis and Chemical Reaction Engineering are inextricably linked. About 90% of all chemical intermediates and consumer products (fuels, plastics, fertilizers etc.) are produced with the aid of catalysts. Most of them, in particular large scale products, are produced by heterogeneous catalysis viz. gaseous or liquid reactants react on solid catalysts. In multiphase reactors gases, liquids and a solid catalyst are present.</p> <p>Heterogeneous catalysis plays also a key role in any future energy scenario (fuel cells, electrocatalytic splitting of water) and in environmental engineering (automotive catalysis, photocatalytic abatement of water pollutants).</p> <p>Heterogeneous catalysis is an interdisciplinary science requiring knowledge of different scientific disciplines such as</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materials Science (synthesis and characterization of solid catalysts)</li> <li>• Physics (structure and electronic properties of solids, defects)</li> <li>• Physical Chemistry (thermodynamics, reaction mechanisms, chemical kinetics, adsorption, desorption, spectroscopy, surface chemistry, theory)</li> <li>• Reaction Engineering (catalytic reactors, mass- and heat transport in catalytic reactors, multi-scale modeling, application of heterogeneous catalysis)</li> </ul> <p>The class „Modern Methods in Heterogeneous Catalysis“ will deal with the above listed aspects of heterogeneous catalysis beyond the material presented in the normal curriculum of chemical reaction engineering classes. In the corresponding laboratory will have the opportunity to apply their acquired theoretical knowledge by synthesizing a solid catalyst, characterizing it with a variety of modern instrumental methods (e.g. BET, chemisorption, pore analysis, XRD, Raman-Spectroscopy, Electron Microscopy) and measuring its kinetics. Class and laboratory „Modern Methods in Heterogeneous Catalysis“ in combination with the lecture „Analysis and Design of Heterogeneous Catalytic Reactors“ will give interested students the opportunity to specialize in this vibrant, multifaceted and application oriented field of research.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J.M. Thomas, W.J. Thomas: Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis, VCH</li> <li>• I. Chorkendorff, J. W. Niemantsverdriet, Concepts of Modern Catalysis and Kinetics, WILEY-VCH</li> <li>• B.C. Gates: Catalytic Chemistry, John Wiley</li> <li>• R.A. van Santen, P.W.N.M. van Leeuwen, J.A. Moulijn, B.A. Averill (Eds.): Catalysis: an integrated approach, Elsevier</li> <li>• D.P. Woodruff, T.A. Delchar: Modern Techniques of Surface Science, Cambridge Univ. Press</li> <li>• J.W. Niemantsverdriet: Spectroscopy in Catalysis, VCH</li> <li>• F. Delannay (Ed.): Characterization of heterogeneous catalysts, Marcel Dekker</li> <li>• C.H. Bartholomew, R.J. Farrauto: Fundamentals of Industrial Catalytic Processes (2nd Ed.), Wiley</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0534: Modern Methods in Heterogeneous Catalysis	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse (L1065)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              3
Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis (L1172)		Seminar	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Anna-Lena Heins		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik oder Verfahrenstechnik auf Bachelorniveau		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls		
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Studierenden den aktuellen Stand der Forschung zum jeweils diskutierten Themengebiet wiedergeben</li> <li>• können die Studierenden die grundlegenden Prinzipien des jeweils bearbeiteten biotechnologischen Produktionsprozesse benennen</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• aktuelle Forschungsansätze zu analysieren und zu bewerten</li> <li>• biotechnologische Produktionsprozesse grundsätzlich auszulegen</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden sind in der Lage, gemeinsam im Team mit mehreren Studierenden vorgegebene Aufgaben zu lösen und ihre Arbeitsergebnisse im Plenum zu diskutieren und zu verteidigen.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Nach Abschluss des Moduls sind die Teilnehmer*innen in der Lage, sich eigenständig in Teams von etwa 8-12 Personen zu organisieren, um die Lösung für ein komplexes technisches Problem selbstständig zu erarbeiten und zu präsentieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vortrag + Diskussion (45 min) + Schriftliche Ausarbeitung (10 Seiten),		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1065: Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Wilfried Blümke
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>In dieser Lehrveranstaltung wird ein Überblick über die wichtigsten biotechnologischen Produktionsprozesse gegeben. Neben den einzelnen Verfahren und deren spezifischen Anforderungen werden auch übergreifende Aspekte der industriellen Realität adressiert wie z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asset Lifecycle</li> <li>• Digitalisierung in der Bioprozess-Industrie</li> <li>• Grundprinzipien der industriellen Bioverfahrensentwicklung</li> <li>• Nachhaltigkeits-Aspekte bei der Entwicklung bioverfahrenstechnischer Prozesse</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p>

<b>Lehrveranstaltung L1172: Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Stephan Freyer
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Diese Lehrveranstaltung gibt einen Einblick in die Methodik bei der Entwicklung von Prozessen der Industriellen Biotechnologie. Wichtige Teilaspekte hierbei sind beispielweise die Entwicklung der Fermentation und der Aufarbeitungsschritte zum jeweiligen Zielmolekül, die Integration der Teilschritte zu einem Gesamtverfahren sowie die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p>

Modul M0657: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II (L0237)		Vorlesung	2
Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II (L0421)		Hörsaalübung	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Thomas Rung		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Studierende sollten über profunde Kenntnisse der höheren Mathematik (Reihenentwicklung, Integral- & Vektorrechnung) verfügen und die Grundlagen partieller und gewöhnlicher Differentialgleichungen kennen. Darüber hinaus sollten die Studierenden gute Kenntnisse der Strömungsmechanik und der Thermodynamik besitzen. Grundkenntnisse der numerischen Thermofluidodynamik sind von Vorteil aber nicht notwendig.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können aufgrund ihrer vertieften Kenntnisse in Numerischer Thermofluidodynamik (CFD) allgemeine strömungstechnische und strömungsphysikalische Prinzipien in diskrete Algorithmen der Finite-Volumen-Methode übersetzen. Sie kennen die Zusammenhänge und Abgrenzungen unterschiedlicher Diskretisierungs- und Approximationstechniken zur Untersuchung gekoppelter Systeme, konvektiver, nichtlinearer partieller Differentialgleichungen auf strukturierten und unstrukturierten Rechengittern. Studierende verfügen über das notwendige Hintergrundwissen, um numerische Modelle zur Approximation von Turbulenz und Mehrphasenströmungen zu konzipieren, programmieren und einzusetzen oder diese wissenschaftlich zu erläutern. Sie besitzen ein detailliertes Verständnis der theoretischen Hintergründe komplexer CFD-Simulationssoftware und der Parameter zur Steuerung von CFD Prozeduren.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage, geeignete Finite-Volumen-Verfahren und Modelle zur Integration komplexer thermofluiddynamischer Bilanzgleichungen in Raum und Zeit auszuwählen und anzuwenden. Die Studierenden können die Finite-Volumen-Approximation für Anwendungen der Thermofluidodynamik methodisch umsetzen und zur optimalen Reproduktion strömungsphysikalischer Prozessen adaptieren. Sie erwerben die notwendigen Fähigkeiten, numerische Lösungsverfahren für unstrukturierte Gitter zu programmieren, die Programme parametergestützt einzusetzen und Datenschnittstellen zu kodieren, die eine Auswertung und Analyse unterstützen. Studierende sind in der Lage, unterschiedlicher Lösungsansätze zu bewerten.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden sind befähigt Lösungen für Musterprobleme in Gruppenarbeit entwickeln, implementieren und die gemeinsamen Arbeitsergebnisse zu dokumentieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind fähig, selbstständig numerische Methoden zur Lösung strömungstechnischer Problem zu analysieren. Sie sind in der Lage, die eignen Ergebnisse und die Daten anderer kritisch in Bezug auf deren Plausibilität und Belastbarkeit zu analysieren.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	0.5h-0.75h		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0237: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Thomas Rung
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Numerische Modellierung komplexer turbulenter Ein- und Mehrphasenströmungen mit höherwertigen Ansätzen für unstrukturierte und netzfreie Approximationstechniken
<b>Literatur</b>	1) Vorlesungsmanskript und Übungsunterlagen  2) J.H. Ferziger, M. Peric: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer

<b>Lehrveranstaltung L0421: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Thomas Rung
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1737: Power-to-X Verfahren			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Power-to-X Verfahren (L2805)	Vorlesung	2	2
Power-to-X Verfahren (L2806)	Hörsaalübung	1	2
Praktische Aspekte der Energieumwandlung (L2807)	Laborpraktikum	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jakob Albert		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse aus dem Bachelor-Studium Verfahrenstechnik</li> <li>• Chemische Reaktionstechnik</li> <li>• Prozess- und Anlagentechnik</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Energiewende in Deutschland erläutern,</li> <li>• einen Überblick über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der Power-to-X Verfahren geben,</li> <li>• verschiedene Power-to-X Konzepte im Hinblick auf ihre technischen Herausforderungen und den gesellschaftlichen Nutzen bewerten.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte zur technischen Umsetzung von Power-to-X Verfahren zu entwickeln,</li> <li>• praktische Aspekte der Energieumwandlung zu Plattformchemikalien anhand labortechnischer Experimente zu bewerten,</li> <li>• das erlernte Wissen auf verschiedene ingenieurwissenschaftlich relevante Power-to-X Verfahren anzuwenden.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, selbstständig in einer interdisziplinären Kleingruppe Lösungsansätze und Probleme im Bereich der Energiewende in Deutschland zu diskutieren,</li> <li>• können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten,</li> <li>• sind in der Lage, anhand von labortechnischen Experimenten die praktischen Aspekte der Energieumwandlung zu Plattformchemikalien zu erarbeiten, die Analytik der Produkte durchzuführen und zu bewerten sowie die Ergebnisse der Versuche in einem Protokoll präzise zusammenzufassen.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, selbstständig weitführende Literatur zum Thema zu beschaffen sich Wissen daraus zu erschließen,</li> <li>• sind in der Lage, selbstständig Aufgaben zum Thema zu lösen und anhand des gegebenen Feedbacks ihren Lernstand einzuschätzen,</li> <li>• sind in der Lage, selbstständig experimentelle Untersuchungen zum Thema durchzuführen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		



Lehrveranstaltung L2805: Power-to-X Verfahren	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Jakob Albert
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regenerative Überschussenergie</li> <li>• Elektrolyse</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Quellen für Power-to-X</li> <li>• Power-to-Heat</li> <li>• Power-to-Power</li> <li>• Power-to-Gas (SNG)</li> <li>• Power-to-Syngas</li> <li>• Power-to-Methanol</li> <li>• Power-to-Fuels</li> <li>• Power-to-Ammonia</li> <li>• LOHC (Liquid organic hydrogen carrier)</li> <li>• Ökonomischer und ökologischer Vergleich verschiedener Konzepte</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. H. Watter, „Regenerative Energiesysteme“, Springer, 2015</li> </ol>

Lehrveranstaltung L2806: Power-to-X Verfahren	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Stefanie Wesinger
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	In der Hörsaalübung werden die Inhalte der Vorlesung weiter vertieft und in die praktische Anwendung überführt. Dies geschieht anhand von Beispielsaufgaben aus der Praxis, die den Studierenden zur Verfügung gestellt werden. Die Studierenden sollen diese Aufgaben mit Hilfe des Vorlesungsstoffes eigenständig oder in Gruppen lösen. Die Lösung wird dann mit Studierenden unter wissenschaftlicher Anleitung diskutiert, wobei Aufgabenteile an der Tafel präsentiert werden.
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. H. Watter, „Regenerative Energiesysteme“, Springer, 2015</li> </ol>

Lehrveranstaltung L2807: Praktische Aspekte der Energieumwandlung	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Maximilian Poller
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Im Laborpraktikum werden praxisnahe Experimente zu Power-to-X Verfahren durchgeführt. Hierbei werden den Studierenden die Herausforderungen zur technischen Umsetzung von Power-to-X Verfahren verdeutlicht. Die zugehörige Analytik der Versuchsproben ist ebenfalls Bestandteil des Laborpraktikums und werden von den Studierenden selbst durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse werden in einem Versuchsprotokoll präzise zusammengefasst und wissenschaftlich dargestellt.
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. H. Watter, „Regenerative Energiesysteme“, Springer, 2015</li> </ol>

Modul M2029: Process Imaging			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Prozessbildung (L2723)		Vorlesung	3            3
Prozessbildung Praktikum (L2724)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Penn		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	No special prerequisites needed. An interest in imaging techniques and image processing is helpful but not mandatory.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The module focuses primarily on discussing established imaging techniques including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography. Moreover, it presents and discusses a range of more recent imaging modalities. The students will learn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature),</li> <li>2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and</li> <li>3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.</li> </ol>		
<i>Fertigkeiten</i>	<p>After the successful completion of the course, the students shall:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods,</li> <li>2. be able to assess the pros and cons of these methods with regard to cost, complexity, expected contrasts, spatial and temporal resolution, and based on this assessment</li> <li>3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.</li> </ol>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> In the problem-based interactive course, students work in small teams and set up two process imaging systems and use these systems to measure relevant process parameters in different chemical and bioprocess engineering applications. The teamwork will foster interpersonal communication skills.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are guided to work in self-motivation due to the challenge-based character of this module. A final presentation improves presentation skills.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	70 % schriftlicher Prüfung, 30% aktiver Mitarbeit und Abschlusspräsentation der problembasierten Lerneinheiten mit 5- 10 seitigen Bericht		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2723: Process Imaging	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Penn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>The lecture focuses primarily on presenting and discussing established imaging techniques relevant to the field of engineering including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography. Moreover, it presents and discusses a range of more recent imaging modalities. The students will learn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature),</li> <li>2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and</li> <li>3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.</p> <p>Available as e-book in the library of TUHH: <a href="https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395">https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395</a></p>

Lehrveranstaltung L2724: Process Imaging Practicals	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Penn, Dr. Stefan Benders
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Content:</b> The module focuses primarily on discussing established imaging techniques including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography, and (d) ultrasound imaging and also covers a range of more recent imaging modalities. The students will learn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature),</li> <li>2. how the measurements work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and</li> <li>3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.</li> </ol> <p><b>Learning goals:</b> After the successful completion of the course, the students shall:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods,</li> <li>2. be able to assess the pros and cons of these methods with regard to cost, complexity, expected contrasts, spatial and temporal resolution, and based on this assessment</li> <li>3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.</p> <p>Available as e-book in the library of TUHH: <a href="https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395">https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395</a></p>

Modul M1777: Introduction to model-based industrial process development for biopharmaceuticals			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Design und Scale-up von belüfteten Bioreaktoren für biopharmazeutische Produkte (L2922)		Seminar	2              3
Einblicke in die biopharmazeutische Produktion (L2921)		Seminar	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Schlüter		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	All lectures from the undergraduate studies, especially mathematics, chemistry, thermodynamics, fluid mechanics, heat- and mass transfer, transport processes		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Students will be able to:		
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• describe and evaluate pharmaceutical processes from a process engineering perspective.</li> <li>• name and use the essential models for process development</li> <li>• describe and evaluate bioreactors for pharmaceutical processes, especially gassed stirred tank reactors.</li> <li>• describe various pharmaceutical processes and contrast their modes of operation and essential characteristics.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Students will be able to:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describe, optimize and design biopharmaceutical processes using models,</li> <li>• Describe, optimize and design gassed stirred reactors as a typical type of apparatus.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	The students are able to discuss in international teams in english and develop an approach under pressure of time.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to independently define tasks for working on the overall problem of "Modeling a process for biopharmaceutical production". The knowledge required for this is acquired by the students themselves, building on the knowledge imparted in the lecture, and they decide which equations and models from the lecture are to be used for implementation. They can organize themselves in a team and assign priorities for subtasks.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	20 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2922: Design and Scale up of aerated bioreactors for biopharmaceutical products	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Jürgen Fitschen, Dr. Thomas Wucherpfennig
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to aerated stirred tank reactors and alternative reactor concepts</li> <li>• Mixing and mass transfer performance (example with M-STAR)</li> <li>• Energy dissipation rates and shear stress</li> <li>• Gas holdup and bubble size distribution</li> <li>• Experimental methods for the characterization of aerated stirred tank reactors</li> <li>• Common design and scale up concepts</li> <li>• Concept of compartments</li> <li>• Design and scale up assisted by Computational Fluid Dynamics</li> </ul>
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L2921: Insights into biopharmaceutical production	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Jürgen Fitschen, Dr. Thomas Wucherpfennig
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to biopharma including biopharmaceutical products (e.g. vaccine)</li> <li>• Biopharma market</li> <li>• Clinical studies</li> <li>• Quality of products</li> <li>• Drug substance process development (cell therapy)</li> <li>• Drug product development</li> <li>• Insilico process development (equipment, process, digital twin)</li> <li>• Scale-up, transfer and production of biopharmaceutical products</li> <li>• Regulatory topics and market authorization</li> <li>• Biopharma lab &amp; production planning</li> <li>• Data, handling, statistics, Experiment Planning (DOE)</li> <li>• Capacity modeling, Software "Bio-G"</li> </ul>
<b>Literatur</b>	

Modul M1954: Process Simulation and Process Safety			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
CAPE inkl. Computerübung (L1039)		Integrierte Vorlesung	3            4
Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe (L1040)		Vorlesung	2            2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	thermal separation processes  heat and mass transport processes		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	students can:  - outline types of simulation tools  - describe principles of flowsheet and equation oriented simulation tools  - describe the setting of flowsheet simulation tools  - explain the main differences between steady state and dynamic simulations  - present the fundamentals of toxicology and hazardous materials  - explain the main methods of safety engineering  - present the importance of safety analysis with respect to plant design  - describe the definitions within the legal accident insurance  accident insurance		
<i>Fertigkeiten</i>	students can:  - conduct steady state and dynamic simulations  - evaluate simulation results and transform them in the practice  - choose and combine suitable simulation models into a production plant  - evaluate the achieved simulation results regarding practical importance  - evaluate the results of many experimental methods regarding safety aspects  - review, compare and use results of safety considerations for a plant design		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	students are able to:  - work together in teams in order to simulate process elements and develop an integral process  - develop in teams a safety concept for a process and present it to the audience		
<i>Selbstständigkeit</i>	students are able to  - act responsible with respect to environment and needs of the society		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Klausur 90 Minuten und schriftliche Ausarbeitung		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1039: CAPE with Computer Exercises	
<b>Typ</b>	Integrierte Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>I. Introduction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamentals of steady state process simulation                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1. Classes of simulation tools</li> <li>1.2. Sequential-modularer approach</li> <li>1.3. Operating mode of ASPEN PLUS</li> </ul> </li> <li>2. Introduction in ASPEN PLUS                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. GUI</li> <li>2.2. Estimation methods of physical properties</li> <li>2.3. Aspen tools (z.B. Designspecification)</li> <li>2.4. Convergence methods</li> </ul> </li> </ul> <p>II. Exercises using ASPEN PLUS and ACM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performance and constraints of ASPEN PLUS</li> <li>ASPEN datenbank using</li> <li>Estimation methods of physical properties</li> <li>Application of model databank, process synthesis</li> <li>Design specifications</li> <li>Sensitivity analysis</li> <li>Optimization tasks</li> <li>Industrial cases</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- G. Fieg: Lecture notes</li> <li>- Seider, W.D.; Seader, J.D.; Lewin, D.R.: Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation; Hoboken, J. Wiley &amp; Sons, 2010</li> </ul>

Lehrveranstaltung L1040: Methods of Process Safety and Dangerous Substances	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Practical implementation of safety analyses (methods)</p> <p>Safety-related parameters and methods for their determination</p> <p>Hazard characteristics according to the Chemicals Act</p> <p>GHS (Globally Harmonized System) for the classification and labelling of chemicals</p> <p>Hazardous substances</p> <p>Toxicology</p> <p>Personal safety</p> <p>Safety considerations in plant design</p> <p>Inherently safe process design</p> <p>Technical measures for plant safety</p>
<b>Literatur</b>	<p>Bender, H.: Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen; Weinheim (2005)</p> <p>Bender, H.: Das Gefahrstoffbuch. Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen in der Praxis; Weinheim (2002)</p> <p>Birett, K.: Umgang mit Gefahrstoffen; Heidelberg (2011)</p> <p>Birgersson, B.; Sterner, O.; Zimerson, E.: Chemie und Gesundheit; Weinheim (1988)</p> <p>O. Antelmann, Diss. an der TU Berlin, 2001</p> <p>R. Dittmeyer, W. Keim, G. Kreysa, A. Oberholz, Chemische Technik, Prozesse und Produkte, Band 1 Methodische Grundlagen, VCH, 2004-2006, S. 719</p> <p>H. Pohle, Chemische Industrie, Umweltschutz, Arbeitsschutz, Anlagensicherheit, VCH, Weinheim, 1991</p> <p>J. Steinbach, Chemische Sicherheitstechnik, VCH, Weinheim, 1995</p> <p>G. Suter, Identifikation sicherheitskritischer Prozesse, P&amp;A Kompendium, 2004</p>



Modul M1709: Applied optimization in energy and process engineering				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2693)		Integrierte Vorlesung	2	3
Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2695)		Gruppenübung	3	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Fundamentals in the field of mathematical modeling and numerical mathematics, as well as a basic understanding of process engineering processes.  In particular the contents of the module Process and Plant Engineering II			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The module provides a general introduction to the basics of applied mathematical optimization and deals with application areas on different scales from the identification of kinetic models, to the optimal design of unit operations and the optimization of entire (sub)processes, as well as production planning. In addition to the basic classification and formulation of optimization problems, different solution approaches are discussed and tested during the exercises. Besides deterministic gradient-based methods, metaheuristics such as evolutionary and genetic algorithms and their application are discussed as well.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to Applied Optimization</li> <li>• Formulation of optimization problems</li> <li>• Linear Optimization</li> <li>• Nonlinear Optimization</li> <li>• Mixed-integer (non)linear optimization</li> <li>• Multi-objective optimization</li> <li>• Global optimization</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> After successful participation in the module "Applied Optimization in Energy and Process Engineering", students are able to formulate the different types of optimization problems and to select appropriate solution methods in suitable software such as Matlab and GAMS and to develop improved solution strategies. Furthermore, students will be able to interpret and critically examine the results accordingly.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Students are capable of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop solutions in heterogeneous small groups</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are capable of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tapping new knowledge on a special subject by literature research</li> </ul>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70			
<b>Leistungspunkte</b>	6			
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Nein	10 %	Midterm	Bonuspunkte
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung			
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	35 min			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung III. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht			

<b>Lehrveranstaltung L2693: Applied optimization in energy and process engineering</b>	
<b>Typ</b>	Integrierte Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>The lecture offers a general introduction to the basics and possibilities of applied mathematical optimization and deals with application areas on different scales from kinetics identification, optimal design of unit operations to the optimization of entire (sub)processes, and production planning. In addition to the basic classification and formulation of optimization problems, different solution approaches are discussed. Besides deterministic gradient-based methods, metaheuristics such as evolutionary and genetic algorithms and their application are discussed as well.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to Applied Optimization</li> <li>- Formulation of optimization problems</li> <li>- Linear Optimization</li> <li>- Nonlinear Optimization</li> <li>- Mixed-integer (non)linear optimization</li> <li>- Multi-objective optimization</li> <li>- Global optimization</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Weicker, K., Evolutionäre Algorithmen, Springer, 2015</p> <p>Edgar, T. F., Himmelblau D. M., Lasdon, L. S., Optimization of Chemical Processes, McGraw Hill, 2001</p> <p>Biegler, L. Nonlinear Programming - Concepts, Algorithms, and Applications to Chemical Processes, 2010</p> <p>Kallrath, J. Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis, Vieweg, 2002</p>

<b>Lehrveranstaltung L2695: Applied optimization in energy and process engineering</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M2028: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Lagrangescher Transport in turbulenten Strömungen (L2301)		Vorlesung	2
Numerische Strömungssimulation - Übung mit OpenFoam (L1375)		Gruppenübung	1
Numerische Strömungssimulation in der Verfahrenstechnik (L1052)		Vorlesung	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Schlüter		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematics I-IV</li> <li>• Basic knowledge in Fluid Mechanics</li> <li>• Basic knowledge in chemical thermodynamics</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> After successful completion of the module the students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the the basic principles of statistical thermodynamics (ensembles, simple systems)</li> <li>• describe the main approaches in classical Molecular Modeling (Monte Carlo, Molecular Dynamics) in various ensembles</li> <li>• discuss examples of computer programs in detail,</li> <li>• evaluate the application of numerical simulations,</li> <li>• list the possible start and boundary conditions for a numerical simulation.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• set up computer programs for solving simple problems by Monte Carlo or molecular dynamics,</li> <li>• solve problems by molecular modeling,</li> <li>• set up a numerical grid,</li> <li>• perform a simple numerical simulation with OpenFoam,</li> <li>• evaluate the result of a numerical simulation.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop joint solutions in mixed teams and present them in front of the other students,</li> <li>• to collaborate in a team and to reflect their own contribution toward it.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• evaluate their learning progress and to define the following steps of learning on that basis,</li> <li>• evaluate possible consequences for their profession.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2301: Lagrangian transport in turbulent flows	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Yan Jin
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Contents - Common variables and terms for characterizing turbulence (energy spectra, energy cascade, etc.) - An overview of Lagrange analysis methods and experiments in fluid mechanics

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Critical examination of the concept of turbulence and turbulent structures.</li> <li>- Calculation of the transport of ideal fluid elements and associated analysis methods (absolute and relative diffusion, Lagrangian Coherent Structures, etc.)</li> <li>- Implementation of a Runge-Kutta 4th-order in Matlab</li> <li>- Introduction to particle integration using ODE solver from Matlab</li> <li>- Problems from turbulence research</li> <li>- Application analytical methods with Matlab.</li> </ul> <p>Structure:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 14 units a 2x45 min.</li> <li>- 10 units lecture</li> <li>- 4 Units Matlab Exercise- Go through the exercises Matlab, Peer2Peer? Explain solutions to your colleague</li> </ul> <p>Learning goals:</p> <p>Students receive very specific, in-depth knowledge from modern turbulence research and transport analysis. → Knowledge</p> <p>The students learn to classify the acquired knowledge, they study approaches to further develop the knowledge themselves and to relate different data sources to each other. → Knowledge, skills</p> <p>The students are trained in the personal competence to independently delve into and research a scientific topic. → Independence</p> <p>Matlab exercises in small groups during the lecture and guided Peer2Peer discussion rounds train communication skills in complex situations. The mixture of precise language and intuitive understanding is learnt. → Knowledge, social competence</p> <p>Required knowledge:</p> <p>Fluid mechanics 1 and 2 advantageous</p> <p>Programming knowledge advantageous</p>
--	---

<b>Literatur</b>	<p>Bakunin, Oleg G. (2008): Turbulence and Diffusion. Scaling Versus Equations. Berlin [u. a.]: Springer Verlag.</p> <p>Bourgoin, Mickaël; Ouellette, Nicholas T.; Xu, Haitao; Berg, Jacob; Bodenschatz, Eberhard (2006): The role of pair dispersion in turbulent flow. In: Science (New York, N.Y.) 311 (5762), S. 835-838. DOI: 10.1126/science.1121726.</p> <p>Davidson, P. A. (2015): Turbulence. An introduction for scientists and engineers. Second edition. Oxford: Oxford Univ. Press.</p> <p>Graff, L. S.; Guttu, S.; LaCasce, J. H. (2015): Relative Dispersion in the Atmosphere from Reanalysis Winds. In: J. Atmos. Sci. 72 (7), S. 2769-2785. DOI: 10.1175/JAS-D-14-0225.1.</p> <p>Grigoriev, Roman (2011): Transport and Mixing in Laminar Flows. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA.</p> <p>Haller, George (2015): Lagrangian Coherent Structures. In: Annu. Rev. Fluid Mech. 47 (1), S. 137-162. DOI: 10.1146/annurev-fluid-010313-141322.</p> <p>Kameke, A. von; Huhn, F.; Fernández-García, G.; Muñozuri, A. P.; Pérez-Muñozuri, V. (2010): Propagation of a chemical wave front in a quasi-two-dimensional superdiffusive flow. In: Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics 81 (6 Pt 2), S. 66211. DOI: 10.1103/PhysRevE.81.066211.</p> <p>Kameke, A. von; Huhn, F.; Fernández-García, G.; Muñozuri, A. P.; Pérez-Muñozuri, V. (2011): Double cascade turbulence and Richardson dispersion in a horizontal fluid flow induced by Faraday waves. In: Physical review letters 107 (7), S. 74502. DOI: 10.1103/PhysRevLett.107.074502.</p> <p>Kameke, A.v.; Kastens, S.; Rüttinger, S.; Herres-Pawlis, S.; Schlüter, M. (2019): How coherent structures dominate the residence time in a bubble wake: An experimental example. In: Chemical Engineering Science 207, S. 317-326. DOI: 10.1016/j.ces.2019.06.033.</p> <p>Klages, Rainer; Radons, Günter; Sokolov, Igor M. (2008): Anomalous Transport: Wiley.</p> <p>LaCasce, J. H. (2008): Statistics from Lagrangian observations. In: Progress in Oceanography 77 (1), S. 1-29. DOI: 10.1016/j.pocean.2008.02.002.</p> <p>Neufeld, Zoltán; Hernández-García, Emilio (2009): Chemical and Biological Processes in Fluid Flows: PUBLISHED BY IMPERIAL COLLEGE PRESS AND DISTRIBUTED BY WORLD SCIENTIFIC PUBLISHING CO.</p> <p>Onu, K.; Huhn, F.; Haller, G. (2015): LCS Tool: A computational platform for Lagrangian coherent structures. In: Journal of Computational Science 7, S. 26-36. DOI: 10.1016/j.jocs.2014.12.002.</p> <p>Ouellette, Nicholas T.; Xu, Haitao; Bourgoin, Mickaël; Bodenschatz, Eberhard (2006): An experimental study of turbulent relative dispersion models. In: New J. Phys. 8 (6), S. 109. DOI: 10.1088/1367-2630/8/6/109.</p> <p>Pope, Stephen B. (2000): Turbulent Flows. Cambridge: Cambridge University Press.</p>
------------------	--

Rivera, M. K.; Ecke, R. E. (2005): Pair dispersion and doubling time statistics in two-dimensional turbulence. In: Physical review letters 95 (19), S. 194503. DOI: 10.1103/PhysRevLett.95.194503.

Vallis, Geoffrey K. (2010): Atmospheric and oceanic fluid dynamics. Fundamentals and large-scale circulation. 5. printing. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

**Lehrveranstaltung L1375: Computational Fluid Dynamics - Exercises in OpenFoam**

<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• generation of numerical grids with a common grid generator</li> <li>• selection of models and boundary conditions</li> <li>• basic numerical simulation with OpenFoam within the TUHH CIP-Pool</li> </ul>
<b>Literatur</b>	OpenFoam Tutorials (StudIP)

**Lehrveranstaltung L1052: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering**

<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction into partial differential equations</li> <li>• Basic equations</li> <li>• Boundary conditions and grids</li> <li>• Numerical methods</li> <li>• Finite difference method</li> <li>• Finite volume method</li> <li>• Time discretisation and stability</li> <li>• Population balance</li> <li>• Multiphase Systems</li> <li>• Modeling of Turbulent Flows</li> <li>• Exercises: Stability Analysis</li> <li>• Exercises: Example on CFD - analytically/numerically</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Paschedag A.R.: CFD in der Verfahrenstechnik: Allgemeine Grundlagen und mehrphasige Anwendungen, Wiley-VCH, 2004 ISBN 3-527-30994-2.</p> <p>Ferziger, J.H.; Peric, M.: Numerische Strömungsmechanik. Springer-Verlag, Berlin, 2008, ISBN: 3540675868.</p> <p>Ferziger, J.H.; Peric, M.: Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer, 2002, ISBN 3-540-42074-6</p>

Modul M0633: Industrial Process Automation			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Prozessautomatisierungstechnik (L0344)		Vorlesung	2              3
Prozessautomatisierungstechnik (L0345)		Gruppenübung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Schlaefer		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	mathematics and optimization methods principles of automata principles of algorithms and data structures programming skills		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	The students can evaluate and assess discrete event systems. They can evaluate properties of processes and explain methods for process analysis. The students can compare methods for process modelling and select an appropriate method for actual problems. They can discuss scheduling methods in the context of actual problems and give a detailed explanation of advantages and disadvantages of different programming methods. The students can relate process automation to methods from robotics and sensor systems as well as to recent topics like 'cyberphysical systems' and 'industry 4.0'.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able to develop and model processes and evaluate them accordingly. This involves taking into account optimal scheduling, understanding algorithmic complexity, and implementation using PLCs.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	The students can independently define work processes within their groups, distribute tasks within the group and develop solutions collaboratively.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	The students are able to assess their level of knowledge and to document their work results adequately.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Nein	10 %	Übungsaufgaben
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0344: Industrial Process Automation</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- foundations of problem solving and system modeling, discrete event systems</li> <li>- properties of processes, modeling using automata and Petri-nets</li> <li>- design considerations for processes (mutex, deadlock avoidance, liveness)</li> <li>- optimal scheduling for processes</li> <li>- optimal decisions when planning manufacturing systems, decisions under uncertainty</li> <li>- software design and software architectures for automation, PLCs</li> </ul>
<b>Literatur</b>	J. Lunze: „Automatisierungstechnik“, Oldenbourg Verlag, 2012 Reisig: Petrinetze: Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien; Vieweg+Teubner 2010 Hruz, Zhou: Modeling and Control of Discrete-event Dynamic Systems; Springer 2007 Li, Zhou: Deadlock Resolution in Automated Manufacturing Systems, Springer 2009 Pinedo: Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Springer 2009

<b>Lehrveranstaltung L0345: Industrial Process Automation</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Grundlagen der Wirbelschichttechnologie (L0431)	Vorlesung	2	2
Praktikum Wirbelschichttechnologie (L1369)	Laborpraktikum	1	1
Technische Anwendungen der Partikeltechnologie (L0955)	Vorlesung	2	2
Übungen zur Wirbelschichttechnologie (L1372)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Stefan Heinrich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse aus dem Modul Partikeltechnologie I		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, beispielhaft die Zusammenstellung von Prozessen der Feststoffverfahrenstechnik aus Apparaten und Verfahren der Partikeltechnologie zu beschreiben und das Zusammenwirken einzelner Teilprozesse in einem Gesamtprozess erläutern.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen in der Feststoffverfahrenstechnik zu analysieren und geeignete Prozessketten zusammenzustellen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Studierende sind in der Lage fachspezifische Inhalte in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind dazu in der Lage fachspezifisches Wissen selbstständig zu vertiefen und in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung      drei Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0431: Fluidization Technology	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Introduction: definition, fluidization regimes, comparison with other types of gas/solids reactors Typical fluidized bed applications Fluidmechanical principle Local fluid mechanics of gas/solid fluidization Fast fluidization (circulating fluidized bed) Entrainment Solids mixing in fluidized beds Application of fluidized beds to granulation and drying processes
<b>Literatur</b>	Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.



<b>Lehrveranstaltung L1369: Practical Course Fluidization Technology</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Experiments: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determination of the minimum fluidization velocity</li> <li>• heat transfer</li> <li>• granulation</li> <li>• drying</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.

<b>Lehrveranstaltung L0955: Technische Anwendungen der Partikeltechnologie</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Werner Sitzmann
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Auf der Basis physikalischer Grundlagen werden die Grundoperationen Mischen, Trennen, Agglomerieren und Zerkleinern hinsichtlich ihrer technischen Anwendung aus Sicht des Praktikers diskutiert. Es werden Maschinen und Apparate vorgestellt, deren Aufbau und Wirkungsweise erklärt und ihre Einbindung in Produktionsprozesse der Chemie, der Lebens- und Futtermitteltechnik sowie der Entsorgungs- und Recyclingindustrie veranschaulicht.
<b>Literatur</b>	Stieß M: Mechanische Verfahrenstechnik I und II, Springer - Verlag, 1997

<b>Lehrveranstaltung L1372: Exercises in Fluidization Technology</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Exercises and calculation examples for the lecture Fluidization Technology
<b>Literatur</b>	Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.

Modul M0949: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Ländliche Entwicklung und Ressourcen Orientierte Sanitärsysteme für verschiedene Klimate (L0942)		Seminar	2              3
Ländliche Entwicklung und Ressourcen Orientierte Sanitärsysteme für verschiedene Klimate (L0941)		Vorlesung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Ralf Otterpohl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of the global situation with rising poverty, soil degradation, lack of water resources and sanitation		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Students can describe resources oriented wastewater systems mainly based on source control in detail. They can comment on techniques designed for reuse of water, nutrients and soil conditioners.</p> <p>Students are able to discuss a wide range of proven approaches in Rural Development from and for many regions of the world.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Students are able to design low-tech/low-cost sanitation, rural water supply, rainwater harvesting systems, measures for the rehabilitation of top soil quality combined with food and water security. Students can consult on the basics of soil building through "Holistic Planned Grazing" as developed by Allan Savory.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students are able to develop a specific topic in a team and to work out milestones according to a given plan.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are in a position to work on a subject and to organize their work flow independently. They can also present on this subject.</p>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Semesterbegleitend werden Meilensteine erarbeitet, vorgetragen und schriftlich festgehalten. Genaueres zum jeweiligen Semesterbeginn.		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Environment and Climate: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0942: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Otterpohl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Central part of this module is a group work on a subtopic of the lectures. The focus of these projects will be based on an interview with a target audience, practitioners or scientists.</li> <li>The group work is divided into several Milestones and Assignments. The outcome will be presented in a final presentation at the end of the semester.</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>J. Lange, R. Otterpohl 2000: Abwasser - Handbuch zu einer zukunftsfähigen Abwasserwirtschaft. Mallbeton Verlag (TUHH Bibliothek)</li> <li>Winblad, Uno and Simpson-Hébert, Mayling 2004: Ecological Sanitation, EcoSanRes, Sweden (free download)</li> <li>Schober, Sabine: WTO/TUHH Award winning Terra Preta Toilet Design: <a href="http://youtu.be/w_R09cYq6ys">http://youtu.be/w_R09cYq6ys</a></li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0941: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Otterpohl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Living Soil - THE key element of Rural Development</li> <li>• Participatory Approaches</li> <li>• Rainwater Harvesting</li> <li>• Ecological Sanitation Principles and practical examples</li> <li>• Permaculture Principles of Rural Development</li> <li>• Performance and Resilience of Organic Small Farms</li> <li>• Going Further: The TUHH Toolbox for Rural Development</li> <li>• EMAS Technologies, Low cost drinking water supply</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation: <a href="http://youtu.be/9hmkgn0nBgk">http://youtu.be/9hmkgn0nBgk</a></li> <li>• Montgomery, David R. 2007: Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press</li> </ul>

Modul M0973: Biocatalysis			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Biokatalyse und Enzymtechnologie (L1158)		Vorlesung	2              3
Technische Biokatalyse (L1157)		Vorlesung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Andreas Liese		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	After successful completion of this course, students will be able to <ul style="list-style-type: none"> <li>• reflect a broad knowledge about enzymes and their applications in academia and industry</li> <li>• have an overview of relevant biotransformations und name the general definitions</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	After successful completion of this course, students will be able to <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the fundamentals of biocatalysis and enzyme processes and transfer this to new tasks</li> <li>• know the several enzyme reactors and the important parameters of enzyme processes</li> <li>• use their gained knowledge about the realisation of processes. Transfer this to new tasks</li> <li>• analyse and discuss special tasks of processes in plenum and give solutions</li> <li>• communicate and discuss in English</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	After completion of this module, participants will be able to debate technical and biocatalytical questions in small teams to enhance the ability to take position to their own opinions and increase their capacity for teamwork.		
<i>Selbstständigkeit</i>	After completion of this module, participants will be able to solve a technical problem independently including a presentation of the results.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1158: Biocatalysis and Enzyme Technology	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Andreas Liese
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	1. Introduction: Impact and potential of enzyme-catalysed processes in biotechnology. 2. History of microbial and enzymatic biotransformations. 3. Chirality - definition & measurement 4. Basic biochemical reactions, structure and function of enzymes. 5. Biocatalytic retrosynthesis of asymmetric molecules 6. Enzyme kinetics: mechanisms, calculations, multisubstrate reactions. 7. Reactors for biotransformations.
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• K. Faber: Biotransformations in Organic Chemistry, Springer, 5th Ed., 2004</li> <li>• A. Liese, K. Seelbach, C. Wandrey: Industrial Biotransformations, Wiley-VCH, 2006</li> <li>• R. B. Silverman: The Organic Chemistry of Enzyme-Catalysed Reactions, Academic Press, 2000</li> <li>• K. Buchholz, V. Kasche, U. Bornscheuer: Biocatalysts and Enzyme Technology. VCH, 2005.</li> <li>• R. D. Schmidt: Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, Wiley-VCH, 2003</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L1157: Technical Biocatalysis</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Andreas Liese
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction</li> <li>2. Production and Down Stream Processing of Biocatalysts</li> <li>3. Analytics (offline/online)</li> <li>4. Reaction Engineering &amp; Process Control                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definitions</li> <li>• Reactors</li> <li>• Membrane Processes</li> <li>• Immobilization</li> </ul> </li> <li>5. Process Optimization                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplex / DOE / GA</li> </ul> </li> <li>6. Examples of Industrial Processes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• food / feed</li> <li>• fine chemicals</li> </ul> </li> <li>7. Non-Aqueous Solvents as Reaction Media                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• ionic liquids</li> <li>• scCO<sub>2</sub></li> <li>• solvent free</li> </ul> </li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Liese, K. Seelbach, C. Wandrey: Industrial Biotransformations, Wiley-VCH, 2006</li> <li>• H. Chmiel: Bioprozeßtechnik, Elsevier, 2005</li> <li>• K. Buchholz, V. Kasche, U. Bornscheuer: Biocatalysts and Enzyme Technology, VCH, 2005</li> <li>• R. D. Schmidt: Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, Wiley-VCH, 2003</li> </ul>

Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0100)		Vorlesung	4	3
Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0230)		Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Simon Müller			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Thermodynamics III			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>				
<i>Wissen</i>	The students are capable to formulate thermodynamic problems and to specify possible solutions. Furthermore, they can describe the current state of research in thermodynamic property predictions.			
<i>Fertigkeiten</i>	The students are capable to apply modern thermodynamic calculation methods to multi-component mixtures and relevant biological systems. They can calculate phase equilibria and partition coefficients by applying equations of state, gE models, and COSMO-RS methods. They can provide a comparison and a critical assessment of these methods with regard to their industrial relevance. The students are capable to use the software COSMOtherm and relevant property tools of ASPEN and to write short programs for the specific calculation of different thermodynamic properties. They can judge and evaluate the results from thermodynamic calculations/predictions for industrial processes.			
<b>Personale Kompetenzen</b>				
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are capable to develop and discuss solutions in small groups; further they can translate these solutions into calculation algorithms.			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students can rank the field of "Applied Thermodynamics" within the scientific and social context. They are capable to define research projects within the field of thermodynamic data calculation.			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84			
<b>Leistungspunkte</b>	6			
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>	
	Ja      Keiner	Schriftliche Ausarbeitung		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung			
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>				
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L0100: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	4
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 34, Präsenzstudium 56
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Dohrn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phase equilibria in multicomponent systems</li> <li>• Partitioning in biorelevant systems</li> <li>• Calculation of phase equilibria in colloidal systems: UNIFAC, COSMO-RS (exercises in computer pool)</li> <li>• Calculation of partitioning coefficients in biological membranes: COSMO-RS (exercises in computer pool)</li> <li>• Application of equations of state (vapour pressure, phase equilibria, etc.) (exercises in computer pool)</li> <li>• Intermolecular forces, interaction Potentials</li> <li>• Introduction in statistical thermodynamics</li> </ul>
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L0230: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Simon Müller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	exercises in computer pool, see lecture description for more details
<b>Literatur</b>	-

Modul M1017: Lebensmittelverfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Lebensmittelverfahrenstechnik (L1216)		Vorlesung	2              3
Praxiskurs: Brautechnologie (L1242)		Laborpraktikum	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Stefan Heinrich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse auf dem gebiet der Partikeltechnologie</li> <li>• Trennverfahren; Wärme-und Stofftransport I</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden sind nach erfolgreichem Abschluss des Moduls in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die stofflichen Eigenschaften der Lebensmittel zu erklären</li> <li>• grundlegende Produktionsprozesse für Lebensmittel zu erläutern</li> <li>• ausgewählte Herstellprozesse detailliert zu beschreiben.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> Studenten sind in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozessketten zur Lebensmittelproduktion zusammenzustellen und auszulegen</li> <li>• die Auswirkungen einzelner Prozessschritte auf die Lebensmitteleigenschaften zu beurteilen</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Studierende sind in der Lage technische Probleme in einem wissenschaftlichen Umfeld zu diskutieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Studierende sind dazu in der Lage fachspezifisches Wissen selbstständig zu vertiefen und in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja              Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	10 - 15 Seiten
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1216: Lebensmittelverfahrenstechnik	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich, Prof. Stefan Palzer
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	1. Stoffliche Eigenschaften: Rheologie, Transportgrößen, Meßtechnik, Qualitätsaspekte 2. Prozesse bei Umgebungsbedingungen, bei erhöhten Temperaturen und Drücken 3. Energetische Bewertung 4. Ausgewählte Prozesse: Speiseölherstellung; Röstkaffee
<b>Literatur</b>	M. Bockisch: Handbuch der Lebensmitteltechnologie , Stuttgart, 1993 R. Eggers: Vorlesungsmanuskript



<b>Lehrveranstaltung L1242: Praxiskurs: Brautechnologie</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich, Prof. Stefan Palzer
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Im Rahmen des Praxiskurses Brautechnologie werden zunächst nochmals die Grundlagen der enzymatischen und mikrobiologischen Fermentation von Lebensmittel wiederholt.</p> <p>Im Verlauf des Kurses wird den Studierenden die Herstellung von Bier als Beispiel für einen wichtigen Prozess der Lebensmittelherstellung erklärt. Dabei wird die Auswahl und Verarbeitung geeigneter Rohstoffe, die verschiedenen mechanischen und biotechnologischen Unit Operations, Aspekte des Abpacken/Abfüllen des Endproduktes und die abschliessende Sensorik/Qualitätskontrolle behandelt.</p> <p>Sämtliche Arbeitsschritte werden von den Studierenden im Pilotmassstab durchgeführt. Ziel ist es das der/die Student*in sich am Beispiel Bier eine holistische Sicht der Lebensmittelherstellung aneignet.</p>
<b>Literatur</b>	Ludwig Narziss: Abriss der Bierbrauerei, 7. Auflage, Wiley VCH

Modul M0662: Numerical Mathematics I			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Numerische Mathematik I (L0417)		Vorlesung	2            3
Numerische Mathematik I (L0418)		Gruppenübung	2            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Sabine Le Borne		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik I + II for Engineering Students (german or english) or Analysis &amp; Linear Algebra I + II for Technomathematicians</li> <li>• basic MATLAB/Python knowledge</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• name numerical methods for interpolation, integration, least squares problems, eigenvalue problems, nonlinear root finding problems and to explain their core ideas,</li> <li>• repeat convergence statements for the numerical methods,</li> <li>• explain aspects for the practical execution of numerical methods with respect to computational and storage complexity.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> Students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• implement, apply and compare numerical methods using MATLAB/Python,</li> <li>• justify the convergence behaviour of numerical methods with respect to the problem and solution algorithm,</li> <li>• select and execute a suitable solution approach for a given problem.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• work together in heterogeneously composed teams (i.e., teams from different study programs and background knowledge), explain theoretical foundations and support each other with practical aspects regarding the implementation of algorithms.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are capable</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to assess whether the supporting theoretical and practical exercises are better solved individually or in a team,</li> <li>• to assess their individual progress and, if necessary, to ask questions and seek help.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Pflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Medizingenieurwesen: Pflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt Biomechanik: Pflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt Theoretischer Maschinenbau: Pflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt Flugzeug-Systemtechnik: Wahlpflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt Mechatronik: Wahlpflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt Energietechnik: Wahlpflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Advanced Materials: Pflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Data Science: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Data Science: Kernqualifikation: Pflicht Elektrotechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Engineering Science: Kernqualifikation: Pflicht Green Technologies: Energie, Wasser, Klima: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht Maschinenbau: Vertiefung Theoretischer Maschinenbau: Pflicht Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Maschinenbau: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs Kernfächer: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0417: Numerical Mathematics I</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Sabine Le Borne
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Finite precision arithmetic, error analysis, conditioning and stability</li> <li>2. Linear systems of equations: LU and Cholesky factorization, condition</li> <li>3. Interpolation: polynomial, spline and trigonometric interpolation</li> <li>4. Nonlinear equations: fixed point iteration, root finding algorithms, Newton's method</li> <li>5. Linear and nonlinear least squares problems: normal equations, Gram Schmidt and Householder orthogonalization, singular value decomposition, regularization, Gauss-Newton and Levenberg-Marquardt methods</li> <li>6. Eigenvalue problems: power iteration, inverse iteration, QR algorithm</li> <li>7. Numerical differentiation</li> <li>8. Numerical integration: Newton-Cotes rules, error estimates, Gauss quadrature, adaptive quadrature</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gander/Gander/Kwok: Scientific Computing: An introduction using Maple and MATLAB, Springer (2014)</li> <li>• Stoer/Bulirsch: Numerische Mathematik 1, Springer</li> <li>• Dahmen, Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0418: Numerical Mathematics I</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Sabine Le Borne, Dr. Jens-Peter Zemke
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1778: Sondergebiete der Strömungsmechanik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Anwendung numerischer Methoden in der Verfahrenstechnik (L2923)	Vorlesung	2	2
Nichtinvasive Messtechniken für Mehrphasenströmungen (L2924)	Vorlesung	2	2
Nichtinvasive Messtechniken für Mehrphasenströmungen (L2925)	Laborpraktikum	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Schlüter		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Alle Bachelor Grundvorlesungen, insbesondere Mathematik, Chemie, Thermodynamik, Strömungsmechanik, Wärme- und Stoffübertragung.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können:		
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numerische Simulationen auf konkrete Strömungsprobleme in der Verfahrenstechnik anwenden</li> <li>• Grundlegende Parameter in industriellen Mehrphasenströmungen experimentell erfassen</li> <li>• kritisch beurteilen, wie zuverlässig numerische Methoden arbeiten und entscheiden, welche Größen mit experimentellen Daten validiert werden müssen.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Simulationen in ein- und mehrphasigen Strömungen insbesondere für technische Anwendungen durchzuführen</li> <li>• experimentelle Methoden für mehrphasigen Strömungen in industriellen Anlagen auszuwählen und anzuwenden</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in international besetzten Teams auf englisch diskutieren und unter Zeitdruck einen Lösungsweg erarbeiten.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben zur Bearbeitung des Gesamtproblems "Experimentelle und numerische Analyse von Mehrphasenreaktoren" zu definieren. Das hierfür notwendige Wissen erarbeiten sich die Studierenden aufbauend auf dem vermittelten Wissen aus der Vorlesung selbst und entscheiden, welche experimentellen und numerischen Methoden aus der Vorlesung und dem Praktikum zur Umsetzung einzusetzen sind. Sie können sich selbst im Team organisieren und Prioritäten für Teilaufgaben vergeben		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	20 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2923: Anwendung numerischer Methoden in der Verfahrenstechnik	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Yan Jin, Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>In dieser Vorlesung werden eine Reihe bedeutender Forschungsthemen der Strömungsmechanik und deren aktuelle Fortschritte vorgestellt. In der Vorlesung lernen die Studierenden, wie man reale wissenschaftliche und technische Strömungsprobleme mit numerischen Methoden löst. Die Vorlesung hilft den Studierenden bei der Vorbereitung ihrer Masterarbeit. Zu den detaillierten Inhalten gehören:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandbegrenzte Strömungen (Kanalströmungen; Rohrströmungen; Wandrauigkeit)</li> <li>• Konvektion in porösen Medien (Multiskalenphysik; Strömungsinstabilitäten)</li> <li>• Strömungen in Turbomaschinen (Verdichter-/Turbinenkaskaden; Windkraftanlagen)</li> <li>• Strömungen in biologischen und physiologischen Prozessen (Verdauung im Magen; Atmungssystem)</li> <li>• Stoffübergang in Zweiphasenströmungen</li> <li>• Vergleich zwischen Experiment und Simulation, experimentelle Validierung</li> <li>• Verbrennung in Motoren (optional)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Numerische Strömungsmechanik, Joel H. Ferziger, Milovan Perić &amp; Robert L. Street, Springer Vieweg, 2020</p> <p>Strömungsmechanik, Heinz Herwig &amp; Bastian Schmandt, Springer Vieweg, 2015.</p> <p>Fundamentals of Multiphase Flow, Christopher E. Brennen, Cambridge University Press, 2005.</p> <p>OpenFOAM User Guide, version 11, 11th July 2023.</p> <p>OpenFOAM Programmer's Guide, Version 3.0.1, 2015</p>

Lehrveranstaltung L2924: Non invasive measurement techniques for Multiphase Flows	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Felix Kexel
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flow measurement techniques (Particle Image Velocimetry, Particle Tracking Velocimetry,...)</li> <li>• Concentration measurement techniques (Laser Induced Fluorescence, UV/VIS Imaging, ...)</li> <li>• Measurement of Particle Size Distribution (Bubbles, Droplets, Particles)</li> <li>• Measurement techniques for Microflows</li> <li>• Measurement techniques for Multiphase flows in industrial application</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Raffel, M.; Willert, C.E.; Wereley, S.T.; Kompenhans, J.: Particle Image Velocimetry, Springer Berlin, Heidelberg (2007), ISBN 978-3-642-43166-1, DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-540-72308-0">https://doi.org/10.1007/978-3-540-72308-0</a>.</p> <p>Schlüter, M. (2011). Lokale Messverfahren für Mehrphasenströmungen. Chemie Ingenieur Technik. 83. (7), 1084-1095. <a href="https://doi.org/10.1002/cite.201100039">https://doi.org/10.1002/cite.201100039</a></p>

Lehrveranstaltung L2925: Non invasive measurement techniques for Multiphase Flows	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Felix Kexel
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Exemplary measurements in the laboratory of the Institute of Multiphase Flows:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flow measurements(Particle Image Velocimetry, Particle Tracking Velocimetry,...)</li> <li>• Concentration measurements (Laser Induced Fluorescence, UV/VIS Imaging, ...)</li> <li>• Particle Size Distribution measurements (Bubbles, Droplets, Particles)</li> <li>• Measurements in microflows</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Raffel, M.; Willert, C.E.; Wereley, S.T.; Kompenhans, J.: Particle Image Velocimetry, Springer Berlin, Heidelberg (2007), ISBN 978-3-642-43166-1, DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-540-72308-0">https://doi.org/10.1007/978-3-540-72308-0</a>.</p> <p>Schlüter, M. (2011). Lokale Messverfahren für Mehrphasenströmungen. Chemie Ingenieur Technik. 83. (7), 1084-1095. <a href="https://doi.org/10.1002/cite.201100039">https://doi.org/10.1002/cite.201100039</a></p>

Modul M0802: Membrane Technology			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Membrantechnologie (L0399)		Vorlesung	2            3
Membrantechnologie (L0400)		Gruppenübung	1            2
Membrantechnologie (L0401)		Laborpraktikum	1            1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mathias Ernst		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of water chemistry. Knowledge of the core processes involved in water, gas and steam treatment		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Students will be able to rank the technical applications of industrially important membrane processes. They will be able to explain the different driving forces behind existing membrane separation processes. Students will be able to name materials used in membrane filtration and their advantages and disadvantages. Students will be able to explain the key differences in the use of membranes in water, other liquid media, gases and in liquid/gas mixtures.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students will be able to prepare mathematical equations for material transport in porous and solution-diffusion membranes and calculate key parameters in the membrane separation process. They will be able to handle technical membrane processes using available boundary data and provide recommendations for the sequence of different treatment processes. Through their own experiments, students will be able to classify the separation efficiency, filtration characteristics and application of different membrane materials. Students will be able to characterise the formation of the fouling layer in different waters and apply technical measures to control this.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students will be able to work in diverse teams on tasks in the field of membrane technology. They will be able to make decisions within their group on laboratory experiments to be undertaken jointly and present these to others.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students will be in a position to solve homework on the topic of membrane technology independently. They will be capable of finding creative solutions to technical questions.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0399: Membrane Technology</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>The lecture on membrane technology supply provides students with a broad understanding of existing membrane treatment processes, encompassing pressure driven membrane processes, membrane application in electro dialysis, pervaporation as well as membrane distillation. The lectures main focus is the industrial production of drinking water like particle separation or desalination; however gas separation processes as well as specific wastewater oriented applications such as membrane bioreactor systems will be discussed as well.</p> <p>Initially, basics in low pressure and high pressure membrane applications are presented (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis). Students learn about essential water quality parameter, transport equations and key parameter for pore membrane as well as solution diffusion membrane systems. The lecture sets a specific focus on fouling and scaling issues and provides knowledge on methods how to tackle with these phenomena in real water treatment application. A further part of the lecture deals with the character and manufacturing of different membrane materials and the characterization of membrane material by simple methods and advanced analysis.</p> <p>The functions, advantages and drawbacks of different membrane housings and modules are explained. Students learn how an industrial membrane application is designed in the succession of treatment steps like pre-treatment, water conditioning, membrane integration and post-treatment of water. Besides theory, the students will be provided with knowledge on membrane demo-site examples and insights in industrial practice.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Melin, R. Rautenbach: Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung (2., erweiterte Auflage), Springer-Verlag, Berlin 2004.</li> <li>• Marcel Mulder, Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands</li> <li>• Richard W. Baker, Membrane Technology and Applications, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Ltd., 2004</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0400: Membrane Technology</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0401: Membrane Technology</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung



Modul M0801: Wasserressourcen und -versorgung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Chemie der Trinkwasseraufbereitung (L0311)	Vorlesung	2	1
Chemie der Trinkwasseraufbereitung (L0312)	Hörsaalübung	1	2
Wasserressourcenmanagement (L0402)	Vorlesung	2	2
Wasserressourcenmanagement (L0403)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mathias Ernst		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnis wasserwirtschaftlicher Maßnahmenfelder sowie der zentralen Prozesse der Trinkwasseraufbereitung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können Konfliktfelder wasserwirtschaftlichen Maßnahmen und deren gegenseitige Abhängigkeit für eine nachhaltige Wasserversorgung skizzieren. Sie können relevante ökonomische, ökologische und soziale Aspekte wiedergeben. Die Studierenden können Organisationsstrukturen von Wasserversorgungsunternehmen erläutern und einordnen. Sie können verfügbare Trinkwasseraufbereitungsverfahren in der Breite der Anwendungen erklären.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierende können komplexe Problemfelder aus Sicht der Trinkwassergewinnung einordnen und Lösungsansätze für wasserwirtschaftliche sowie technische Maßnahmen aufstellen. Sie können hierfür anwendbare Bewertungsmethoden einordnen. Die Studierenden sind in der Lage wasserchemische Berechnungen für ausgewählte Aufbereitungsprozessen durchzuführen. Sie können ausgewählte allgemein anerkannte Regeln der Technik auf Prozesse der Trinkwasseraufbereitung anwenden.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können in einer fachlich heterogenen Gruppe gemeinsam komplexe Lösungen für das Management sowie die Aufbereitung von Trinkwasser erarbeiten und dokumentieren. Sie können professionell z.B. als Vertreter/in von Nutzungsinteressen angemessen Stellung beziehen. Sie können in fachlich gemischten Teams gemeinsame Lösungen entwickeln und diese vor anderen vertreten.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage selbstständig ein Thema zu erarbeiten und dieses zu präsentieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min (Chemie) + Referat (WRM)		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Pflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenanbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0311: Chemie der Trinkwasseraufbereitung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 2, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Klaus Johannsen
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>In der Vorlesung wird das für die Praxis relevante wasserchemische Wissen mit Bezug auf die Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung vermittelt.</p> <p>Die Themenschwerpunkte sind Löslichkeit von Gasen, Kohlensäure-Gleichgewicht, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, Entsäuerung, Mischung von Wässern, Enthärtung, Redoxprozesse, Werkstoffe sowie gesetzliche Anforderungen an die Aufbereitung. Alle Themen werden vor dem Hintergrund der allgemein anerkannten Regeln der Technik (DVGW-Regelwerk, DIN-Normen) praxisnah behandelt.</p> <p>Ein wesentlicher Teil der Veranstaltung sind Berechnungen anhand realer Analysendaten (z.B. Berechnung des pH-Wertes und der Calcitlösekapazität). Zu jeder Einheit gibt es Übungen und Hausaufgaben. Durch das Lösen der Hausaufgaben erhalten die Studierenden ein Feedback und können Bonuspunkte für die Klausur erwerben.</p> <p>Da Kenntnisse der Wasseraufbereitungsprozesse von großer Bedeutung sind, werden diese in Abstimmung mit der Vorlesung „Wasserressourcenmanagement“ zu Beginn des Semesters erklärt.</p>
<b>Literatur</b>	<p><b>MHW (rev. by Crittenden, J. et al.):</b> Water treatment principles and design. John Wiley &amp; Sons, Hoboken, 2005.</p> <p><b>Stumm, W., Morgan, J.J.:</b> Aquatic chemistry. John Wiley &amp; Sons, New York, 1996.</p> <p><b>DVGW (Hrsg.):</b> Wasseraufbereitung - Grundlagen und Verfahren. Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2004.</p> <p><b>Jensen, J. N.:</b> A Problem Solving Approach to Aquatic Chemistry. John Wiley &amp; Sons, Inc., New York, 2003.</p>

Lehrveranstaltung L0312: Chemie der Trinkwasseraufbereitung	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Klaus Johannsen
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0402: Wasserressourcenmanagement	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Die Vorlesung vermittelt weitergehende Kenntnisse zur den Abhängigkeiten des Wasserressourcenmanagements mit Blick auf die Trinkwasserversorgung. Die aktuelle Situation der globalen Wasserressourcen wird dargestellt, Abhängigkeiten zwischen Nutzungsinteressen erarbeitet und internationale Beispiele für „Best-Practice“ sowie unzureichenden Wasserressourcenmanagements präsentiert und diskutiert. Entsprechend werden den Studierenden notwendige Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für ein „integriertes Wasserressourcenmanagement“ vermittelt. Mit Bezug zum EU Raum und insbesondere Deutschland werden weiterhin Aspekte relevanter Rechtsnormen, administrative Strukturen der Wasserversorgung sowie Fragen der Organisation von Trinkwasserversorgungsunternehmen (kommunal, privat, public privat partnership) vermittelt. Managementinstrumente wie das Life-Cycle Assessment, Modelle des Benchmarkings sowie der Wasserdargebotserfassung werden für die Trinkwasserversorgung präsentiert und diskutiert. Die Inhalte der Vorlesung schließen wo möglich und sinnvoll, regionale Bezüge mit ein.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelle UN World Water Development Reports</li> <li>• Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft, VKU (2011)</li> <li>• Aktuelle Artikel wissenschaftlicher Zeitschriften</li> <li>• Ppt der Vorlesung</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0403: Wasserressourcenmanagement</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0658: Innovative Methoden der Numerischen Thermofluidodynamik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Anwendung innovativer Methoden der Numerischen Thermofluidodynamik in Forschung und Praxis (L0239)	Vorlesung	2	3
Anwendung innovativer Methoden der Numerischen Thermofluidodynamik in Forschung und Praxis (L1685)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Thomas Rung		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Studierende sollten über profunde Kenntnisse der höheren Mathematik (Reihenentwicklung, Integral- & Vektorrechnung) verfügen und die Grundlagen partieller und gewöhnlicher Differentialgleichungen kennen. Darüber hinaus werden gute Kenntnisse der Strömungsmechanik vorausgesetzt. Grundkenntnisse der numerischen Thermofluidodynamik, z.B. durch Teilnahme an den entsprechenden Lehrveranstaltungen "Numerische Thermofluidodynamik 1/2 (CFD1/CFD2)" sind von Vorteil aber nicht notwendig.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Studierende besitzen vertiefte Kenntnisse über innovative (neuere) Verfahren der Numerischen Thermofluidodynamik (CFD), d.h. Finite-Volumen-, Smoothed-Particle-Hydrodynamics- und Gitter-Boltzmann-Verfahren, und können diese mit aktuelle Herausforderungen zur numerischen Thermofluidodynamik verbinden. Sie kennen die Zusammenhänge und Abgrenzungen unterschiedlicher Lagrange- und Eulerscher Diskretisierung- und Approximationstechniken auf der Grundlage kontinuumsmechanischer und kinetischer Theorien. Studierende besitzen die Kenntnisse um numerische Modelle zur Approximation Mehrphasenproblemen bzw. Mehrfeldproblemen mit gittergestützten- bzw. partikelgestützten Verfahren zu konzipieren, programmieren und einzusetzen und diese wissenschaftlich zu erläutern. Studierende kennen die Grundzüge der simulationsbasierten Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, geeignete Strategien zur numerischen Modellierung komplexer Fragestellungen auszuwählen und anzuwenden. Sie erwerben die notwendigen Fähigkeiten, numerische Algorithmen für Finite-Volumen-Verfahren auf unstrukturierten Gittern & Partikelkonzepten & Gitter-Boltzmann-Konzepten zu programmieren, die Programme parametergestützt einzusetzen und Datenschnittstellen zu kodieren, die eine Auswertung und Analyse unterstützen. Studierende sind in der Lage, unterschiedlicher Lösungsansätze sehr differenziert zu bewerten.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden sind befähigt Lösungen für Musterprobleme in Gruppenarbeit entwickeln, implementieren und die gemeinsamen Arbeitsergebnisse zu dokumentieren. Sie ein Team zu organisieren, ihre Arbeitsergebnisse vor Experten darzustellen.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind fähig, selbstständig innovative Methoden zur Lösung strömungstechnischer Problem zu analysieren. Sie sind in der Lage, die eignen Ergebnisse und die Daten anderer kritisch in Bezug auf deren Plausibilität und Belastbarkeit zu analysieren. Studierende können selbstständig numerische Untersuchungen organisieren und durchführen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja	20 %	Schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Ship and Offshore Technology: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0239: Anwendung innovativer Methoden der Numerischen Thermofluidodynamik in Forschung und Praxis	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Thomas Rung
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Einsatz von CFD zur (Form-) Optimierung, Parallelerechnen auf Hochleistungscomputern, Effiziente CFD-Verfahren für Grafikkarten & Echtzeitsimulation, Alternative Approximationen (Lattice-Boltzmann Verfahren, Partikelsimulationen), Struktur-Strömungskopplung, Modellierung hybrider Kontinua
<b>Literatur</b>	Vorlesungsmaterialien /lecture notes

<b>Lehrveranstaltung L1685: Anwendung innovativer Methoden der Numerischen Thermofluiddynamik in Forschung und Praxis</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Thomas Rung
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Modul M0742: Thermische Energiesysteme</b>			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Thermische Energiesysteme (L0023)	Vorlesung	3	5
Thermische Energiesysteme (L0024)	Hörsaalübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Arne Speerforck		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Technische Thermodynamik I, II, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Studierende kennen die verschiedenen Energiewandlungsstufen und den Unterschied zwischen einem Wirkungsgrad und einem Nutzungsgrad. Sie verfügen über vertiefte Grundkenntnisse in der Wärme- und Stoffübertragung, insbesondere hinsichtlich der Anwendung im Gebäude- und Fahrzeugbau. Sie sind mit dem Aufbau und dem Inhalt der Energiesparverordnung und weiterer Technischer Regeln vertraut. Sie wissen verschiedene Beheizsysteme in den Bereichen Haushalt und Kleinverbraucher, Gewerbe und Industrie zu unterscheiden und wie ein Beheizungssystem geregelt wird. Sie können für einen Feuerraum ein Modell mit den entsprechenden Wärmeströmen aufstellen und damit zeitliche Temperaturverläufe ermitteln. Sie beherrschen die Grundlagen der Schadstoffbildung bei Brennern von Kleinfeuerungen und wissen, wie Abgase gefahrlos abgeführt werden. Darüber hinaus sind sie mit objektorientierten Modellierungsarten von thermodynamischen Systemen vertraut.		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende sind in der Lage, den Wärmebedarf für unterschiedliche Beheizungsaufgaben zu ermitteln und die entsprechenden Komponenten eines Heizungssystems auszulegen. Sie können eine Rohrnetzberechnung durchführen und sind befähigt, einfache Planungsaufgaben unter Einbeziehung von Solarenergie selbstständig durchzuführen. Sie schreiben zur Lösung dynamischer Probleme selbst einfache Modelica-Programme und sind in der Lage, aktuelle Forschungsergebnisse in die Praxis zu übertragen bzw. wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Wärmetechnik selbstständig durchzuführen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in Vorlesung und Übung anhand vieler Beispiele und Experimente zielorientiert in Kleingruppen diskutieren, einen Lösungsweg erarbeiten und diesen darstellen. Sie können im Rahmen von Übungsaufgaben eigenständig weitergehende Fragestellungen entwickeln und zielgerechte Lösungen ausarbeiten.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben zu definieren, hierfür notwendiges Wissen aufbauend auf dem vermittelten Wissen selbst zu erarbeiten sowie geeignete Mittel zur Umsetzung einzusetzen. In den Übungen diskutieren die Studierenden die in den Vorlesungen vermittelten Methoden anhand komplexer Aufgabenstellungen und analysieren die Ergebnisse kritisch.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Pflicht Energietechnik: Vertiefung Schiffsmaschinenbau: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0023: Thermische Energiesysteme</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	5
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 108, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerhard Schmitz, Prof. Arne Speerforck
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>1. Einleitung</p> <p>2. Grundlagen der Wärmetechnik 2.1 Wärmeleitung 2.2 Konvektiver Wärmeübergang 2.3 Wärmestrahlung 2.4 Wärmedurchgang 2.5 Verbrennungstechnische Kennzahlen 2.6 Elektrische Erwärmung 2.7 Wasserdampfdiffusion</p> <p>3. Heizungssysteme 3.1. Warmwasserheizungen 3.2 Anlagen zur Warmwasserbereitung 3.3 Rohrnetzberechnung 3.4 Wärmeerzeuger 3.5 Warmluftheizungen 3.6 Strahlungsheizungen</p> <p>4 .Wärme- und Wärmebehandlungssysteme 4.1 Industrieöfen 4.2 Schmelzanlagen 4.3 Trocknungsanlagen 4.4 Schadstoffemissionen 4.5 Schornsteinberechnungsverfahren 4.6 Energiemesssysteme</p> <p>5. Verordnung und Normen 5.1 Gebäude 5.2 Industrielle und gewerbliche Anlagen</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmitz, G.: Klimatechnik, Skript zur Vorlesung</li> <li>• VDI Wärmeatlas, 11. Auflage, Springer Verlag, Düsseldorf 2013</li> <li>• Herwig, H.; Moschallski, A.: Wärmeübertragung, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2009</li> <li>• Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schrammek, E.-R.: Taschenbuch für Heizung- und Klimatechnik 2013/2014, 76. Auflage, Deutscher Industrieverlag, 2013</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0024: Thermische Energiesysteme</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Arne Speerforck
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Industrielle Biotechnologie in der Chemischen Industrie (L2276)		Seminar	2              3
Praxis in der Bioverfahrenstechnik (L2275)		Seminar	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Andreas Liese		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	After successful completion of the module		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• the students can outline the current status of research on the specific topics discussed</li> <li>• the students can explain the basic underlying principles of the respective industrial biotransformations</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	After successful completion of the module students are able to		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analyze and evaluate current research approaches</li> <li>• plan industrial biotransformations basically</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to work together as a team with several students to solve given tasks and discuss their results in the plenary and to defend them.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students are able independently to present the results of their subtasks in a presentation		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	je Veranstaltung 15 min Vortrag and 15 min Diskussion		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2276: Industrial biotechnology in Chemical Industry	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Stephan Freyer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	This course gives an insight into the applications, processes, structures and boundary conditions in industrial practice. Various concrete applications of the technology, markets and other questions that will significantly influence the plant and process design will be shown.
<b>Literatur</b>	Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]  Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.  Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a>  Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003  Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage  Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a>  Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts



<b>Lehrveranstaltung L2275: Practice in bioprocess engineering</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Wilfried Blümke
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Content of this course is a concrete insight into the principles, processes and structures of an industrial biotechnology company. In addition to practical illustrative examples, aspects beyond the actual process engineering area are also addressed, such as e.g. Sustainability and engineering.
<b>Literatur</b>	<p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p>

Modul M1736: Industrial Homogeneous Catalysis			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Homogene Katalyse in der Anwendung (L2804)		Laborpraktikum	1            2
Industrielle homogene Katalyse (L2802)		Vorlesung	2            2
Industrielle homogene Katalyse (L2803)		Hörsaalübung	1            2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jakob Albert		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic knowledge from the Bachelor's degree course in process engineering</li> <li>• Chemical reaction engineering</li> <li>• Process and plant engineering</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Students can:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the principle of homogeneous catalysis,</li> <li>• give an overview of the versatile applications of homogeneous catalysis in industry</li> <li>• evaluate different homogeneously catalysed reactions with regard to their technical challenges and economic significance.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop concepts for the technical implementation of homogeneously catalysed reactions,</li> <li>• evaluate practical aspects of homogeneous catalysis using laboratory experiments,</li> <li>• apply the acquired knowledge to different homogeneously catalysed reactions.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to work out the practical aspects of homogeneous catalysis on the basis of laboratory experiments, to carry out and evaluate the analytics of the products and to precisely summarise the results of the experiments in a protocol.</li> <li>• are able to independently discuss approaches to solutions and problems in the field of homogeneous catalysis in an interdisciplinary small group,</li> <li>• are able to work together in small groups on subject-specific tasks, Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to independently obtain extensive literature on the topic and to gain knowledge from it,</li> <li>• are able to independently solve tasks on the topic and assess their learning status based on the feedback given,</li> <li>• are able to independently conduct experimental studies on the topic.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2804: Homogeneous catalysis in application	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Jakob Albert
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	In the laboratory practical course, practical experiments are carried out with reference to industrial application of homogeneous catalysis. The hurdles to the technical implementation of homogeneously catalysed reactions are made clear to the students. The associated analysis of the experimental samples is also part of the laboratory practical course and is carried out and evaluated by the students themselves. The results are precisely summarised and scientifically presented in an experimental protocol.
<b>Literatur</b>	1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013 2. A. Behr, „Angewandte homogene Katalyse“, Wiley-VCH, 2008

Lehrveranstaltung L2802: Industrial homogeneous catalysis	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Maximilian Poller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to homogeneous catalysis</li> <li>• Elementary steps of catalysis</li> <li>• Homogeneous transition metal catalysis</li> <li>• Hydroformylation</li> <li>• Wacker process</li> <li>• Monsanto process</li> <li>• Shell higher olefin process (SHOP)</li> <li>• Extractive-oxidative desulphurisation (ECODS)</li> <li>• Phase transfer catalysis</li> <li>• Liquid-liquid two-phase catalysis</li> <li>• Catalyst recycling</li> <li>• Reactor concepts</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. A. Behr, „Angewandte homogene Katalyse“, Wiley-VCH, 2008</li> </ol>

Lehrveranstaltung L2803: Industrial homogeneous catalysis	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Samrin Shaikh, Dr. Maximilian Poller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	In this exercise the contents of the lecture are further deepened and transferred into practical application. This is done using example tasks from practice, which are made available to the students. The students are to solve these tasks independently or in groups with the help of the lecture material. The solution is then discussed with students under scientific guidance, with parts of the task being presented on the blackboard.
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. A. Behr, „Angewandte homogene Katalyse“, Wiley-VCH, 2008</li> </ol>

Modul M1796: Magnetic resonance in engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Grundlagen der Magnetresonanz (L2968)		Vorlesung	3              3
Magnetresonanz in den Ingenieurwissenschaften (L2969)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Stefan Benders		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	No special previous knowledge is necessary.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	This module covers the fundamentals of nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) and magnetic resonance imaging (MRI) and their applications in engineering disciplines. The module consists of a classical lecture complemented by a problem-based learning course that includes practical hands-on experience on magnetic resonance devices. The module will be held in English.		
<i>Fertigkeiten</i>	After the successful completion of the course the students shall:  1. Understand the physical principles and practical aspects of magnetic resonance in engineering. 2. Know how to safely operate NMR and MRI systems. 3. Know how to run standard experimental sequences and how to implement more advanced sequence protocols. 4. Have an overview of the current capabilities and limits of the MR technique		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	In the problem-based course Magnetic Resonance in Engineering, the students will obtain hands-on experience on how to operate NMR spectrometers and high-field and low-field MRI systems. The course will cover safety aspects, pulse sequence design, spectral image analysis, and image reconstruction. The students will work in small groups on practical tasks on different NMR and MRI systems located at the campus of TUHH.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Through the practical character of the PBL course, the student shall improve their communication skills.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Materials Science and Engineering: Vertiefung Engineering Materials: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L2968: Fundamentals of Magnetic Resonance</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Stefan Benders
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>This lecture covers the fundamentals magnetic resonance imaging (MRI) and magnetic resonance spectroscopy (NMR). It focuses on the following topics:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The fundamentals of magnetic resonance: magnetism, magnetic fields, radiofrequency, spin, relaxation</li> <li>2. Hardware for magnetic resonance: magnets (high-field and low-field), radiofrequency coil design, magnetic field gradients</li> <li>3. NMR-Spectroscopy: chemical shift, J-Coupling, 2D NMR, solid-state, MAS</li> <li>4. Relaxometry: single-sided NMR, contrasts,</li> <li>5. Magnetic resonance imaging (MRI): gradients, coils, k-space, imaging sequences, ultrafast Imaging, parallel imaging, velocimetry, CEST</li> <li>6. Hyperpolarization techniques: DNP, p-H2, optical pumping with Xe</li> <li>7. Applications of magnetic resonance in chemical engineering</li> <li>8. Applications of magnetic resonance in material science and engineering</li> <li>9. Applications of magnetic resonance in biomedical engineering</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Stapf, S., &amp; Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8</p> <p>Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524 , doi: <a href="https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001">https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001</a></p> <p>Brown R. W., Cheng Y. N., Haacke E. M., Thompson M. R., Venkatesan R., (2014) Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953</p> <p>Haber-Pohlmeier, Sabina, Bernhard Blumich, and Luisa Ciobanu, (2022) Magnetic Resonance Microscopy: Instrumentation and Applications in Engineering, Life Science, and Energy Research. John Wiley &amp; Sons</p>

<b>Lehrveranstaltung L2969: Magnetic Resonance in Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Stefan Benders
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	In this course, the theoretical basics of magnetic resonance spectroscopy and magnetic resonance tomography are supplemented with practical experiments on the respective devices. The practical handling and operation of the equipment will be learned.
<b>Literatur</b>	<p>Stapf, S., &amp; Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8</p> <p>Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524, doi: <a href="https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001">https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001</a></p> <p>Brown R. W., Cheng Y. N., Haacke E. M., Thompson M. R., Venkatesan R., (2014) Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953</p>

Modul M1354: Advanced Fuels			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe (L2414)	Vorlesung	2	2
Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor (L1926)	Vorlesung	1	1
Mobilität und Klimaschutz (L2416)	Gruppenübung	2	2
Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen (L2415)	Vorlesung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Martin Kaltschmitt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden lernen innerhalb des Moduls verschiedene Bereitstellungspfade zur Herstellung von Advanced Fuels (Biokraftstoffe wie z. B. Alcohol-to-Jet; Strom-basierte Kraftstoffe wie z. B. Power-to-Liquid) kennen. Dazu werden die verschiedenen Verfahrensketten erläutert und die regulatorischen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Kraftstoffproduktion beleuchtet. Hierzu gehören beispielsweise die Anforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II sowie die Voraussetzungen und Aspekte für einen Markthochlauf dieser Kraftstoffe. Für die ganzheitliche Bewertung der verschiedenen Kraftstoffoptionen werden diese abschließend unter ökologischen und ökonomischen Faktoren betrachtet.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme des Moduls in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Kraftstoffproduktionsprozessen bzw. den entsprechenden Bereitstellungsketten</li> <li>• Umfangreiche Analyse verschiedener Kraftstoffbereitstellungsoptionen in technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht</li> </ul> <p>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Vorlesungen und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Fragestellungen und die für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte definieren.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja 20 %	Schriftliche Ausarbeitung	Details werden in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben.
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Produktion und Logistik: Wahlpflicht Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Infrastruktur und Mobilität: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L2414: Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Martin Kaltschmitt
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine Übersicht über verschiedene strombasierte Kraftstoffe und deren Prozesspfade, u.a. Power-to-Liquid Prozess (Fischer-Tropsch-Synthese, Methanol Synthese), Power-to-Gas (Sabatier-Prozess)</li> <li>Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorlesungsskript</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L1926: Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Karsten Wilbrand
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine Übersicht über verschiedene Advanced Biofuels und deren Prozesspfade (u.a. Gas-to-Liquid, HEFA und Alcohol-to-Jet Prozesse)</li> <li>Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Babu, V.: Biofuels Production. Beverly, Mass: Scrivener [u.a.], 2013</li> <li>Olsson, L.: Biofuels. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007</li> <li>William, L. L.: Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5</li> <li>Perry, R.; Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 20</li> <li>Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014</li> <li>Kaltschmitt, M.; Neuling, U. (Ed.): Biokerosene - Status and Prospects; Springer, Berlin, Heidelberg, 2018</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L2416: Mobilität und Klimaschutz</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Benedikt Buchspies, Dr. Karsten Wilbrand
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Anwendung der erlernten theoretischen Kenntnisse aus den jeweiligen Vorlesungen anhand konkreter Aufgaben aus der Praxis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auslegung und Simulation von Teilprozessen der Produktionsprozesse in Aspen Plus ®</li> <li>Ökologische und ökonomische Analyse von Kraftstoffbereitstellungspfaden</li> <li>Einordnung von Fallbeispielen in geltende Regularien</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Skriptum zur Vorlesung</li> <li>Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide</li> </ul>

Lehrveranstaltung L2415: Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Benedikt Buchspies
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Gesamtheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Kraftstoffpfade mit u. a folgenden Themenschwerpunkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Kraftstoffe</li> <li>• Ökonomische Betrachtung der verschiedenen alternativen Kraftstoffe</li> <li>• Regulatorischer Rahmen alternativer Kraftstoffe</li> <li>• Zertifizierung von alternativen Kraftstoffen</li> <li>• Markteinführungsmodelle alternativer Kraftstoffe</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• European Commission - Joint Research Center (2010): International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. Joint Research Center (JRC) Institut for Environment and Sustainability, Luxembourg</li> <li>• Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen</li> </ul>



Modul M1955: Process Intensification in Process Engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik (L1978)		Vorlesung	2              2
Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik (L1715)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              4
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Process and Plant Engineering 1  Process and Plant Engineering 2  Basics in Process Engineering		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Students are able to evaluate hybrid processes</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Students are able to evaluate processes with regard to their suitability as hybrid processes and to interpret them</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Students are able to apply the principles of project management for small groups.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to acquire and discuss specialized knowledge about hybrid processes.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Projektbericht inkl. PM-Dokumente und Midterm		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1978: Process Intensification in Process Engineering	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Thomas Waluga, Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Introduction to integrated and hybrid processes in chemical and biotechnological process engineering; advantages and disadvantages, process windows, differentiation criteria;  Process synthesis and process modeling  Process examples from industry and research: reactive distillation, dividing wall columns, reactive dividing wall columns, SHOP and MerOX, centrifuges, membrane-supported processes
<b>Literatur</b>	- H. Schmidt-Traub; Integrated Reaction and Separation Operations: Modelling and Experimental Validation; Springer 2006 - K. Sundmacher, A. Kienle, A. Seidel-Morgenstern; Integrated Chemical Processes: Synthesis, Operation, Analysis, and Control; Wiley-VCH 2005 - Mexandre C. Dimian (Ed); Integrated Design and Simulation of Chemical Processes; in Computer Aided Chemical Engineering, Volume 13, Pages 1-698 (2003)

<b>Lehrveranstaltung L1715: Process Intensification in Process Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Thomas Waluga, Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0899: Synthesis and Design of Industrial Processes			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Synthese und Auslegung industrieller Anlagen (L1048)		Vorlesung	1            2
Synthese und Auslegung industrieller Anlagen (L1977)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3            4
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	process and plant engineering I and II  thermal separation processes  heat and mass transport processes  CAPE (absolut necessarily!)		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	students can:  - reproduce the main elements of design of industrial processes  - give an overview and explain the phases of design  - describe and explain energy, mass balances, cost estimation methods and economic evaluation of invest projects  - justify and discuss process control concepts and fundamentals of process optimization		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	students are capable of:  -conduction and evaluation of design of unit operations  - combination of unit operation to a complex process plant  - use of cost estimation methods for the prediction of production costs  - carry out the pfd-diagram		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	students are able to discuss and develop in groups the design of an industrial process		
<i>Selbstständigkeit</i>	students are able to reflect the consequences of their professional activity		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Engineering Handbook und mündliche Prüfung (20 min)		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1048: Synthesis and Design of Industrial Facilities</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Presentation of the task Introduction to design and analysis of a chemical processing plant (example chemical processing plants) Discussion of the process, preparation of process flow diagram Calculation of material balance Calculation of energy balance Designing/Sizing of the equipment Capital cost estimation Production cost estimation Process control & HAZOP Study Lecture 11 = Process optimization Lecture 12 = Final Project Presentation
<b>Literatur</b>	Richard Turton; Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes:International Edition Harry Silla; Chemical Process Engineering: Design And Economics Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Second Edition: Chemical Engineering Design Lorenz T. Biegler;Systematic Methods of Chemical Process Design Max S. Peters, Klaus Timmerhaus; Plant Design and Economics for Chemical Engineers James Douglas; Conceptual Design of Chemical Processes Robin Smith; Chemical Process: Design and Integration Warren D. Seider; Process design principles, synthesis analysis and evaluation

<b>Lehrveranstaltung L1977: Industrial Plant Design and Economics</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Creation of a flowsheet for an industrial process Calculation of the mass and energy balance Calculation of investment and manufacturing costs Possibilities of process intensification Comparison of conventional and intensified processes
<b>Literatur</b>	Richard Turton; Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes:International Edition Harry Silla; Chemical Process Engineering: Design And Economics Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Second Edition: Chemical Engineering Design Lorenz T. Biegler;Systematic Methods of Chemical Process Design Max S. Peters, Klaus Timmerhaus; Plant Design and Economics for Chemical Engineers James Douglas; Conceptual Design of Chemical Processes Robin Smith; Chemical Process: Design and Integration Warren D. Seider; Process design principles, synthesis analysis and evaluation

Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik (L1051)	<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
		<b>SWS</b>	6
		<b>LP</b>	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dozenten des SD V		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Fortgeschrittener Kenntnisstand im Master-Studium Verfahrenstechnik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden kennen aktuelle Forschungsprojekte der Institute in der Vertiefungsrichtung. Sie können die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden nennen, mit denen an diesen gearbeitet wird.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, ein eigenständiges Teilprojekt in aktuell laufenden Forschungsprojekten der Institute in der Vertiefungsrichtung durchzuführen. Studierende können ihre Vorgehensweise zur Lösung einer Aufgabe begründen, aus den gewonnen Ergebnissen Schlussfolgerungen ziehen und wenn nötig neue Arbeitsmethoden finden. Studierende sind in der Lage, alternative Lösungskonzepte mit dem gewählten Ansatz bzgl. vorgegebener Kriterien zu vergleichen und zu beurteilen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende sind in der Lage, mit Mitarbeitern der betreuenden Institute fachlich den Fortschritt der Arbeit zu diskutieren und ihre Endergebnisse adressatengerecht zu präsentieren.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind in der Lage, anhand der im bisherigen Studium erworbenen Kompetenzen sich selbstständig aus aktuellen Forschungsprojekten sinnvolle Aufgaben zu definieren, dazu notwendiges Wissen zu erschließen sowie geeignete Lösungsmethoden auszuwählen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Studienarbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	laut ASPO		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		
Lehrveranstaltung L1051: Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik			
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung		
<b>SWS</b>	6		
<b>LP</b>	6		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Dozenten</b>	Dozenten des SD V		
<b>Sprachen</b>	DE/EN		
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe		
<b>Inhalt</b>	Bearbeitung aktueller Forschungsthemen der gewählten Vertiefungsrichtung.  Forschungsprojekte können an den Instituten der Verfahrenstechnik, in der Industrie oder im Ausland durchgeführt werden. Es ist immer eine Hochschullehrerin oder ein Hochschullehrer des Studiendekanats Verfahrenstechnik als Betreuer erforderlich, der vor Beginn des Forschungsprojektes festgelegt werden muss.		
<b>Literatur</b>	Aktuelle Literatur zu Forschungsthemen aus der gewählten Vertiefungsrichtung.  Current literature on research topics of the chosen specialization.		

Modul M0822: Modellierung von Prozessen in der Wassertechnologie			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Modellierung der Prozesse der Abwasserbehandlung (L0522)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
Modellierung von Prozessen der Trinkwasseraufbereitung (L0314)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Klaus Johannsen		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Verständnis der wichtigsten Prozesse in der Trinkwasseraufbereitung und der Abwasserbehandlung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung detailliert beschreiben. Sie können die Grundlagen sowie die Möglichkeiten und Grenzen der dynamischen Modellierung erklären.		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende können die wichtigsten Funktionen der Programmiersprache Modelica anwenden. Sie können ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung detailliert im Hinblick auf Gleichgewicht, Kinetik und Stoffbilanzen in ein mathematisches Modell umsetzen und in OpenModelica realisieren. Studierende können Modelle selbst erstellen, anwenden und die Möglichkeiten und Grenzen einschätzen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in einer fachlich heterogenen Gruppe Problemstellungen lösen und diese dokumentieren. Sie können angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage eigenständig ein Problem zu definieren, sich das erforderliche Wissen anzueignen und daraus ein Modell zu erstellen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0522: Modellierung der Prozesse der Abwasserbehandlung	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Massen- und Energiebilanzen</p> <p>Tracer Modellierung</p> <p>Belebtschlammverfahren</p> <p>Kläranlage (kontinuierlich und als SBR)</p> <p>Schlammbehandlung (ADM, aerob autotherm)</p> <p>Biofilmmodellierung</p>
<b>Literatur</b>	<p><b>Henze, Mogens</b> (Seminar on Activated Sludge Modelling, ; Kollekolle Seminar on Activated Sludge Modelling, ;)                      Activated sludge modelling : processes in theory and practice ; selected proceedings of the 5th Kollekolle Seminar on Activated Sludge Modelling, held in Kollekolle, Denmark, 10 - 12 September 2001                      ISBN: 1843394146                      [London] : IWA Publ., 2002                      TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b>                      Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3                      ISBN: 1900222248                      London : IWA Publ., 2002                      TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b>                      Wastewater treatment : biological and chemical processes                      ISBN: 3540422285 (Pp.)                      Berlin [u.a.] : Springer, 2002                      TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Wiesmann, Udo</b> (Choi, In Su; Dombrowski, Eva-Maria;)                      Fundamentals of biological wastewater treatment                      ISBN: 3527312196 (Gb.) URL: <a href="http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm">http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm</a>                      Weinheim : WILEY-VCH, 2007                      TUB_HH_Katalog</p>

Lehrveranstaltung L0314: Process Modeling in Drinking Water Treatment	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Klaus Johannsen
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>In this course selected drinking water treatment processes (e.g. aeration or activated carbon adsorption) are modeled dynamically using the programming language Modelica, that is increasingly used in industry. In this course OpenModelica is used, an free access frontend of the programming language Modelica.</p> <p>In the beginning of the course the use of OpenModelica is explained by means of simple examples. Together required elements and structure of the model are developed. The implementation in OpenModelica and the application of the model is done individually or in groups respectively. Students get feedback and can gain extra points for the exam.</p>
<b>Literatur</b>	<p><b>OpenModelica:</b> <a href="https://openmodelica.org/index.php/download/download-windows">https://openmodelica.org/index.php/download/download-windows</a></p> <p><b>OpenModelica - Modelica Tutorial:</b> <a href="https://openmodelica.org/index.php/useresources/userdocumentation">https://openmodelica.org/index.php/useresources/userdocumentation</a></p> <p><b>OpenModelica - Users Guide:</b> <a href="https://openmodelica.org/index.php/useresources/userdocumentation">https://openmodelica.org/index.php/useresources/userdocumentation</a></p> <p><b>Peter Fritzson:</b> Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1, Wiley-IEEE Press, ISBN 0-471-471631.</p> <p><b>MHW (rev. by Crittenden, J. et al.):</b> Water treatment principles and design. John Wiley &amp; Sons, Hoboken, 2005.</p> <p><b>Stumm, W., Morgan, J.J.:</b> Aquatic chemistry. John Wiley &amp; Sons, New York, 1996.</p> <p><b>DVGW (Hrsg.):</b> Wasseraufbereitung - Grundlagen und Verfahren. Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2004.</p>

Modul M1966: Mathematische Bildverarbeitung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Mathematische Bildverarbeitung (L0991)	Vorlesung	3	4
Mathematische Bildverarbeitung (L0992)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Marko Lindner		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysis: partielle Ableitungen, Gradient, Richtungsableitung</li> <li>• Lineare Algebra: Eigenwerte, lineares Ausgleichsproblem</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassen von Diffusionsgleichungen charakterisieren und vergleichen</li> <li>• elementare Methoden der Bildverarbeitung erklären</li> <li>• Methoden zur Segmentierung und Registrierung erläutern</li> <li>• funktionalanalytische Grundlagen skizzieren und gegenüberstellen</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elementare Methoden der Bildverarbeitung implementieren und anwenden</li> <li>• moderne Methoden der Bildverarbeitung erklären und anwenden</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Studierende können in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten und sich theoretische Grundlagen erklären.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studierende können eigenständig ihr Verständnis mathematischer Konzepte überprüfen, noch offene Fragen auf den Punkt bringen und sich gegebenenfalls gezielt Hilfe holen.</li> <li>• Studierende haben eine genügend hohe Ausdauer entwickelt, um auch über längere Zeiträume an schwierigen Problemstellungen zu arbeiten.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Interdisciplinary Mathematics: Vertiefung III. Computational Methods in Biomedical Imaging: Pflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0991: Mathematische Bildverarbeitung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Marko Lindner
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementare Methoden der Bildverarbeitung</li> <li>• Glättungsfiler</li> <li>• Grundlagen der Diffusions- bzw. Wärmeleitgleichung</li> <li>• Variationsformulierungen in der Bildverarbeitung</li> <li>• Kantenerkennung</li> <li>• Entfaltung</li> <li>• Inpainting</li> <li>• Segmentierung</li> <li>• Registrierung</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Bredies/Lorenz: Mathematische Bildverarbeitung



<b>Lehrveranstaltung L0992: Mathematische Bildverarbeitung</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Marko Lindner
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0545: Separation Technologies for Life Sciences			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Chromatographische Trennverfahren (L0093)	Vorlesung	2	2
Verfahrenstechnische Grundoperationen für biorelevante Systeme (L0112)	Vorlesung	2	2
Verfahrenstechnische Grundoperationen für biorelevante Systeme (L0113)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Pavel Gurikov		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Fundamentals of Chemistry, Fluid Process Engineering, Thermal Separation Processes, Chemical Engineering, Chemical Engineering, Bioprocess Engineering  Basic knowledge in thermodynamics and in unit operations related to thermal separation processes		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> On completion of the module, students are able to present an overview of the basic thermal process technology operations that are used, in particular, in the separation and purification of biochemically manufactured products. Students can describe chromatographic separation techniques and classic and new basic operations in thermal process technology and their areas of use. In their choice of separation operation students are able to take the specific properties and limitations of biomolecules into consideration. Using different phase diagrams they can explain the principle behind the basic operation and its suitability for bioseparation problems.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> On completion of the module, students are able to assess the separation processes for bio- and pharmaceutical products that have been dealt with for their suitability for a specific separation problem. They can use simulation software to establish the productivity and economic efficiency of bioseparation processes. In small groups they are able to jointly design a downstream process and to present their findings in plenary and summarize them in a joint report.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Students are able in small heterogeneous groups to jointly devise a solution to a technical problem by using project management methods such as keeping minutes and sharing tasks and information.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to prepare for a group assignment by working their way into a given problem on their own. They can procure the necessary information from suitable literature sources and assess its quality themselves. They are also capable of independently preparing the information gained in a way that all participants can understand (by means of reports, minutes, and presentations).</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Referat
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten; Theorie und Rechenaufgaben (schriftlich)		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0093: Chromatographic Separation Processes	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Monika Johannsen
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction: overview, history of chromatography, LC (HPLC), GC, SFC</li> <li>• Fundamentals of linear (analytical) chromatography, retention time/factor, separation factor, peak resolution, band broadening, Van-Deemter equation</li> <li>• Fundamentals of nonlinear chromatography, discontinuous and continuous preparative chromatography (annular, true moving bed - TMB, simulated moving bed - SMB)</li> <li>• Adsorption equilibrium: experimental determination of adsorption isotherms and modeling</li> <li>• Equipment for chromatography, production and characterization of chromatographic adsorbents</li> <li>• Method development, scale up methods, process design, modeling of chromatographic processes, economic aspects</li> <li>• Applications: e.g. normal phase chromatography, reversed phase chromatography, hydrophobic interaction chromatography, chiral chromatography, bioaffinity chromatography, ion exchange chromatography</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmidt-Traub, H.: Preparative Chromatography of Fine Chemicals and Pharmaceutical Agents. Weinheim: Wiley-VCH (2005) - eBook</li> <li>• Carta, G.: Protein chromatography: process development and scale-up. Weinheim: Wiley-VCH (2010)</li> <li>• Guiochon, G.; Lin, B.: Modeling for Preparative Chromatography. Amsterdam: Elsevier (2003)</li> <li>• Hagel, L.: Handbook of process chromatography: development, manufacturing, validation and economics. London ; Burlington, MA Academic (2008) - eBook</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0112: Unit Operations for Bio-Related Systems	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Pavel Gurikov
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction: overview about the separation process in biotechnology and pharmacy</li> <li>• Handling of multicomponent systems</li> <li>• Adsorption of biologic molecules</li> <li>• Crystallization of biologic molecules</li> <li>• Reactive extraction</li> <li>• Aqueous two-phase systems</li> <li>• Micellar systems: micellar extraction and micellar chromatographie</li> <li>• Electrophoresis</li> <li>• Choice of the separation process for the specific systems</li> </ul> <p>Learning Outcomes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic knowledge of separation processes for biotechnological and pharmaceutical processes</li> <li>• Identification of specific features and limitations in bio-related systems</li> <li>• Proof of economical value of the process</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>"Handbook of Bioseparations", Ed. S. Ahuja  <a href="http://www.elsevier.com/books/handbook-of-bioseparations-2/ahuja/978-0-12-045540-9">http://www.elsevier.com/books/handbook-of-bioseparations-2/ahuja/978-0-12-045540-9</a></p> <p>"Bioseparations Engineering" M. R. Ladish  <a href="http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471244767.html">http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471244767.html</a></p>

<b>Lehrveranstaltung L0113: Unit Operations for Bio-Related Systems</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Pavel Gurikov
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0636: Cell and Tissue Engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Grundlagen von Zell- und Gewebekulturen (L0355)		Vorlesung	2              3
Medizinische Bioverfahrenstechnik (L0356)		Vorlesung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Anna-Lena Heins		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	After successful completion of the module the students		
	- know the basic principles of cell and tissue culture		
	- know the relevant metabolic and physiological properties of animal and human cells		
	- are able to explain and describe the basic underlying principles of bioreactors for cell and tissue cultures, in contrast to microbial fermentations		
	- are able to explain the essential steps (unit operations) in downstream		
	- are able to explain, analyze and describe the kinetic relationships and significant litigation strategies for cell culture reactors		
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able		
	- to analyze and perform mathematical modeling to cellular metabolism at a higher level		
	- are able to to develop process control strategies for cell culture systems		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	After completion of this module, participants will be able to debate technical questions in small teams to enhance the ability to take position to their own opinions and increase their capacity for teamwork.		
	The students can reflect their specific knowledge orally and discuss it with other students and teachers.		
<i>Selbstständigkeit</i>	After completion of this module, participants will be able to solve a technical problem in teams of approx. 8-12 persons independently including a presentation of the results.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0355: Fundamentals of Cell and Tissue Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Johannes Möller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Overview of cell culture technology and tissue engineering (cell culture product manufacturing, complexity of protein therapeutics, examples of tissue engineering) (Pörtner, Zeng) Fundamentals of cell biology for process engineering (cells: source, composition and structure, interactions with environment, growth and death - cell cycle, protein glycolysation) (Pörtner) Cell physiology for process engineering (Overview of central metabolism, genomics etc.) (Zeng) Medium design (impact of media on the overall cell culture process, basic components of culture medium, serum and protein-free media) (Pörtner) Stoichiometry and kinetics of cell growth and product formation (growth of mammalian cells, quantitative description of cell growth & product formation, kinetics of growth)
<b>Literatur</b>	Butler, M (2004) Animal Cell Culture Technology - The basics, 2 <sup>nd</sup> ed. Oxford University Press  Ozturk SS, Hu WS (eds) (2006) Cell Culture Technology For Pharmaceutical and Cell-Based Therapies. Taylor & Francis Group, New York  Eibl, R.; D. Eibl; R. Pörtner; G. Catapano and P. Czermak: Cell and Tissue Reaction Engineering, Springer (2008). ISBN 978-3-540-68175-5  Pörtner R (ed) (2013) Animal Cell Biotechnology - Methods and Protocols. Humana Press

<b>Lehrveranstaltung L0356: Bioprocess Engineering for Medical Applications</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Johannes Möller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Requirements for cell culture processes, shear effects, microcarrier technology Reactor systems for mammalian cell culture (production systems) (design, layout, scale-up: suspension reactors (stirrer, aeration, cell retention), fixed bed, fluidized bed (carrier), hollow fiber reactors (membranes), dialysis reactors, Reactor systems for Tissue Engineering, Prozess strategies (batch, fed-batch, continuous, perfusion, mathematical modelling), control (oxygen, substrate etc.) • Downstream
<b>Literatur</b>	Butler, M (2004) Animal Cell Culture Technology - The basics, 2 <sup>nd</sup> ed. Oxford University Press  Ozturk SS, Hu WS (eds) (2006) Cell Culture Technology For Pharmaceutical and Cell-Based Therapies. Taylor & Francis Group, New York  Eibl, R.; D. Eibl; R. Pörtner; G. Catapano and P. Czermak: Cell and Tissue Reaction Engineering, Springer (2008). ISBN 978-3-540-68175-5  Pörtner R (ed) (2013) Animal Cell Biotechnology - Methods and Protocols. Humana Press

Modul M2033: Subsurface Processes			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Modeling of Subsurface Processes (L2731)		Gruppenübung	3
Subsurface Solute Transport (L2728)		Vorlesung	2
Subsurface Solute Transport (L2729)		Hörsaalübung	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Nima Shokri		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic Mathematics, Hydrology		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Upon completion of this module, the students will understand the mechanisms controlling solute transport in soil and natural porous media and will be able to work with the equations that govern the fate and transport of solutes in porous media. Analytical, numerical and experimental tools and techniques will be used in this module.		
<i>Fertigkeiten</i>	In addition to the physical insights, the students will be exposed to analytical, experimental and numerical tools and techniques in this module. This provides them with an excellent opportunity to improve their skills on multiple fronts which will be useful in their future career.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Teamwork & problem solving		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students will be involved in writing individual reports and presentation. This will contribute to the students' ability and willingness to work independently and responsibly.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Report		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Modellierung und Simulation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Environmental Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2731: Modeling of Subsurface Processes	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Milad Aminzadeh
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Basic usage and background of chosen computer software to calculate flow and transport in the saturated and unsaturated zone and to analyze field data like pumping test data
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L2728: Subsurface Solute Transport	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Nima Shokri
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Basic physical properties of soil: Definition and quantification; Liquid flow in soils (Darcy's law); Solute transport in soils; Practical analysis to measure dispersion coefficient in soil under different boundary conditions; Advanced topics (e.g. Application of Artificial Intelligence to predict soil salinization)
<b>Literatur</b>	- Environmental Soil Physics, by Daniel Hillel - Soil Physics, Sixth Edition, by William A. Jury and Robert Horton

<b>Lehrveranstaltung L2729: Subsurface Solute Transport</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Hannes Nevermann
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung



Modul M2006: Waste Treatment and Recycling			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Planung von Abfallbehandlungsanlagen (L3267)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Recyclingtechnologien und Thermische Abfallbehandlung (L3265)	Vorlesung	2	2
Recyclingtechnologien und Thermische Abfallbehandlung (L3266)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Kerstin Kuchta		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of thermo dynamics</li> <li>• Basics of fluid dynamics</li> <li>• fluid dynamics chemistry</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The students can name, describe current issue and problems in the field of waste treatment (mechanical, chemical and thermal) and contemplate them in the context of their field.</p> <p>The industrial application of unit operations as part of process engineering is explained by actual examples of waste technologies . Compostion, particle sizes, transportation and dosing of wastes are described as important unit operations .</p> <p>Students will be able to design and design waste treatment technology equipment.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to select suitable processes for the treatment of wastes or raw material with respect to their characteristics and the process aims. They can evaluate the efforts and costs for processes and select economically feasible treatment concepts.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Students can</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• respectfully work together as a team and discuss technical tasks</li> <li>• participate in subject-specific and interdisciplinary discussions,</li> <li>• develop cooperated solutions</li> <li>• promote the scientific development and accept professional constructive criticism.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students can independently tap knowledge of the subject area and transform it to new questions. They are capable, in consultation with supervisors, to assess their learning level and define further steps on this basis. Furthermore, they can define targets for new application-or research-oriented duties in accordance with the potential social, economic and cultural impact.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3267: Planning of waste treatment plants	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Rüdiger Siechau
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>The focus is on getting to know the organization and practice of waste management companies. Topics such as planning, financing and logistics will be discussed and there will be an excursion (waste incineration plant, vehicle fleet and collection systems / containers).</p> <p>Project based learning: You will be given a task to work on independently in groups of 4 to 6 students. All tools and data needed for the project work will be discussed in the lecture "Recycling Technologies and Thermal Waste Treatment". Course documents can be downloaded from StudIP. Communication during the project work also takes place via StudIP.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Abfallwirtschaft; Martin Kranert, Klaus Cord-Landwehr (Hrsg.); Vieweg + Teubner Verlag; 2010</li> <li>• PowerPoint Präsentationen in Stud IP</li> </ul>

Lehrveranstaltung L3265: Recycling technologies and thermal waste treatment	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction, actual state-of-the-art of waste incineration, aims. legal background, reaction principals</li> <li>• basics of incineration processes: waste composition, calorific value, calculation of air demand and flue gas composition</li> <li>• Incineration techniques: grate firing, ash transfer, boiler</li> <li>• Flue gas cleaning: Volume, composition, legal frame work and emission limits, dry treatment, scrubber, de-nox techniques, dioxin elimination, Mercury elimination</li> <li>• Ash treatment: Mass, quality, treatment concepts, recycling, disposal</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Thermische Abfallbehandlung Bande 1-7. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 196 - 2013.

Lehrveranstaltung L3266: Recycling technologies and thermal waste treatment	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M2019: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application (L3283)		Vorlesung	3              6
Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application (L3284)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Timm Faulwasser		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic of control engineering (stability, simple control designs), state space models in control, differential equations.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Static and dynamic optimization methods, optimal control and numerical solution methods, design and implementation of model predictive control schemes in sampled-data fashion, dissipativity notions for optimal control.		
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able to formulate and to solve problems of operation and control of technical systems on their own. The students are able to understand and to analyze the interplay of problem formulation and efficiency aspects of numerical solutions and to deduce problem-specific formulations. They know how to apply and to implement optimization methods to practical problems. Furthermore, the students can tackle complex problems of predictive control by means of abstraction, they are able to document their results in written form. The students are able to design predictive controllers for nonlinear systems and to validate them by means of simulation.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Interaction in interdisciplinary teams, meeting of project deadlines.		
<i>Selbstständigkeit</i>	<b>Compare to Fachkompetenz (Fertigkeiten)</b>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 200, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	9		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Nein      20 %	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3283: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Timm Faulwasser
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L3284: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Timm Faulwasser
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

**Fachmodule der Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik**

Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Hochdruckanlagenbau (L1278)	Vorlesung	2	2
Industrielle Verfahren unter Hohen Drücken (L0116)	Vorlesung	2	2
Moderne Trennverfahren (L0094)	Vorlesung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Monika Johannsen		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Chemie, Chemische und Thermische Verfahrenstechnik, Fluidverfahrenstechnik, Trenntechnik, Thermodynamik, Mehrphasengleichgewichte		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme können Studierende:		
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Einfluss des Drucks auf die physikalisch-chemischen und thermodynamischen Eigenschaften eines Fluids erklären,</li> <li>• thermodynamische Grundlagen für Verfahren mit überkritischen Fluiden beschreiben,</li> <li>• Modelle zur Beschreibung von Feststoffextraktion und Gegenstromextraktion erläutern,</li> <li>• Parameter zur Optimierung von Prozessen mit überkritischen Fluiden diskutieren.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trennverfahren mit überkritischen Fluiden und mit konventionellen Lösungsmitteln zu vergleichen,</li> <li>• bei gegebener Trennaufgabe das Anwendungspotential von Hochdruckverfahren zu beurteilen,</li> <li>• Hochdruckverfahren im Ablauf einer vorgegebenen komplexen Industrieanwendung einzuplanen,</li> <li>• die Wirtschaftlichkeit von Hochdruckverfahren hinsichtlich Investition und Betriebskosten einzuschätzen,</li> <li>• unter Anleitung einen experimentellen Versuch an einer Hochdruckanlage durchzuführen,</li> <li>• experimentelle Ergebnisse zu beurteilen,</li> <li>• ein Versuchsprotokoll anzufertigen.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage:		
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in 2er Teams wissenschaftliche Artikel zu präsentieren und die Inhalte gemeinsam zu verteidigen</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja 15 %	Referat	
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1278: Hochdruckanlagenbau</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Hans Häring
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rechtliche Grundlagen (Gesetz, Verordnung, Richtlinie, Standard/Norm)</li> <li>2. Berechnungsgrundlagen Druckgeräte (AD-Regelwerk, ASME-Regelwerk, GL Vorschriften, weitere Berechnungsmethoden)</li> <li>3. Spannungshypothesen</li> <li>4. Werkstoffauswahl, Fertigungsverfahren</li> <li>5. Dünnwandige Behälter</li> <li>6. Dickwandige Behälter</li> <li>7. Sicherheitseinrichtungen</li> <li>8. Sicherheitsanalysen</li> </ol> <p style="text-align: center;">Anwendungsschwerpunkte</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Unterwassertechnik (bemannte und unbemannte Druckbehälter, PVHO Code)</li> <li>10. Dampfkessel</li> <li>11. Wärmetauscher</li> <li>12. LPG, LEG Transport-tanks (Bilobe Bauart, IMO Type C tanks)</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Apparate und Armaturen in der chemischen Hochdrucktechnik, Springer Verlag</p> <p>Spain and Paauwe: High Pressure Technology, Vol. I und II, M. Dekker Verlag</p> <p>AD-Merkblätter, Heumanns Verlag</p> <p>Bertucco; Vetter: High Pressure Process Technology, Elsevier Verlag</p> <p>Sherman; Stadtmüller: Experimental Techniques in High-Pressure Research, Wiley &amp; Sons Verlag</p> <p>Klapp: Apparate- und Anlagentechnik, Springer Verlag</p>

Lehrveranstaltung L0116: Industrial Processes Under High Pressure	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Carsten Zetzl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Part I : Physical Chemistry and Thermodynamics</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction: Overview, achieving high pressure, range of parameters.</li> <li>2. Influence of pressure on properties of fluids: P,v,T-behaviour, enthalpy, internal energy, entropy, heat capacity, viscosity, thermal conductivity, diffusion coefficients, interfacial tension.</li> <li>3. Influence of pressure on heterogeneous equilibria: Phenomenology of phase equilibria</li> <li>4. Overview on calculation methods for (high pressure) phase equilibria). Influence of pressure on transport processes, heat and mass transfer.</li> </ol> <p>Part II : High Pressure Processes</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Separation processes at elevated pressures: Absorption, adsorption (pressure swing adsorption), distillation (distillation of air), condensation (liquefaction of gases)</li> <li>6. Supercritical fluids as solvents: Gas extraction, cleaning, solvents in reacting systems, dyeing, impregnation, particle formation (formulation)</li> <li>7. Reactions at elevated pressures. Influence of elevated pressure on biochemical systems: Resistance against pressure</li> </ol> <p><b>Part III : Industrial production</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Reaction : Haber-Bosch-process, methanol-synthesis, polymerizations; Hydrations, pyrolysis, hydrocracking; Wet air oxidation, supercritical water oxidation (SCWO)</li> <li>9. Separation : Linde Process, De-Caffeination, Petrol and Bio-Refinery</li> <li>10. Industrial High Pressure Applications in Biofuel and Biodiesel Production</li> <li>11. Sterilization and Enzyme Catalysis</li> <li>12. Solids handling in high pressure processes, feeding and removal of solids, transport within the reactor.</li> <li>13. Supercritical fluids for materials processing.</li> <li>14. Cost Engineering</li> </ol> <p>Learning Outcomes: After a successful completion of this module, the student should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- understand of the influences of pressure on properties of compounds, phase equilibria, and production processes.</li> <li>- Apply high pressure approaches in the complex process design tasks</li> <li>- Estimate Efficiency of high pressure alternatives with respect to investment and operational costs</li> </ul> <p>Performance Record:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presence (28 h)</li> <li>2. Oral presentation of original scientific article (15 min) with written summary</li> <li>3. Written examination and Case study ( 2+3 : 32 h Workload)</li> </ol> <p>Workload: 60 hours total</p>
<b>Literatur</b>	<p>Literatur:</p> <p>Script: High Pressure Chemical Engineering. G. Brunner: Gas Extraction. An Introduction to Fundamentals of Supercritical Fluids and the Application to Separation Processes. Steinkopff, Darmstadt, Springer, New York, 1994.</p>

Lehrveranstaltung L0094: Advanced Separation Processes	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Monika Johannsen
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction/Overview on Properties of Supercritical Fluids (SCF) and their Application in Gas Extraction Processes</li> <li>• Solubility of Compounds in Supercritical Fluids and Phase Equilibrium with SCF</li> <li>• Extraction from Solid Substrates: Fundamentals, Hydrodynamics and Mass Transfer</li> <li>• Extraction from Solid Substrates: Applications and Processes (including Supercritical Water)</li> <li>• Countercurrent Multistage Extraction: Fundamentals and Methods, Hydrodynamics and Mass Transfer</li> <li>• Countercurrent Multistage Extraction: Applications and Processes</li> <li>• Solvent Cycle, Methods for Precipitation</li> <li>• Supercritical Fluid Chromatography (SFC): Fundamentals and Application</li> <li>• Simulated Moving Bed Chromatography (SMB)</li> <li>• Membrane Separation of Gases at High Pressures</li> <li>• Separation by Reactions in Supercritical Fluids (Enzymes)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	G. Brunner: Gas Extraction. An Introduction to Fundamentals of Supercritical Fluids and the Application to Separation Processes. Steinkopff, Darmstadt, Springer, New York, 1994.

Modul M0952: Industrielle Bioprosesstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse (L1065)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              3
Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis (L1172)		Seminar	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Anna-Lena Heins		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik oder Verfahrenstechnik auf Bachelorniveau		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls		
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Studierenden den aktuellen Stand der Forschung zum jeweils diskutierten Themengebiet wiedergeben</li> <li>• können die Studierenden die grundlegenden Prinzipien des jeweils bearbeiteten biotechnologischen Produktionsprozesse benennen</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• aktuelle Forschungsansätze zu analysieren und zu bewerten</li> <li>• biotechnologische Produktionsprozesse grundsätzlich auszulegen</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden sind in der Lage, gemeinsam im Team mit mehreren Studierenden vorgegebene Aufgaben zu lösen und ihre Arbeitsergebnisse im Plenum zu diskutieren und zu verteidigen.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Nach Abschluss des Moduls sind die Teilnehmer*innen in der Lage, sich eigenständig in Teams von etwa 8-12 Personen zu organisieren, um die Lösung für ein komplexes technisches Problem selbstständig zu erarbeiten und zu präsentieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vortrag + Diskussion (45 min) + Schriftliche Ausarbeitung (10 Seiten),		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprosesstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		



Lehrveranstaltung L1065: Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Wilfried Blümke
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>In dieser Lehrveranstaltung wird ein Überblick über die wichtigsten biotechnologischen Produktionsprozesse gegeben. Neben den einzelnen Verfahren und deren spezifischen Anforderungen werden auch übergreifende Aspekte der industriellen Realität adressiert wie z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asset Lifecycle</li> <li>• Digitalisierung in der Bioprozess-Industrie</li> <li>• Grundprinzipien der industriellen Bioverfahrensentwicklung</li> <li>• Nachhaltigkeits-Aspekte bei der Entwicklung bioverfahrenstechnischer Prozesse</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p>

Lehrveranstaltung L1172: Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Stephan Freyer
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Diese Lehrveranstaltung gibt einen Einblick in die Methodik bei der Entwicklung von Prozessen der Industriellen Biotechnologie. Wichtige Teilaspekte hierbei sind beispielweise die Entwicklung der Fermentation und der Aufarbeitungsschritte zum jeweiligen Zielmolekül, die Integration der Teilschritte zu einem Gesamtverfahren sowie die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p>

Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0576)		Vorlesung	2            3
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0582)		Gruppenübung	2            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Daniel Ruprecht		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mathematik I, II, III für Ingenieurstudierende (deutsch oder englisch) oder Analysis &amp; Lineare Algebra I + II sowie Analysis III für Technomathematiker*innen.</li> <li>Grundkenntnisse in MATLAB, Python oder einer vergleichbaren Programmiersprache.</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen benennen und deren Kernideen erläutern,</li> <li>Aussagen zur Konvergenz (inklusive der an das zugrundeliegende Problem gestellten Voraussetzungen) zu den behandelten numerischen Verfahren wiedergeben,</li> <li>Aspekte der praktischen Durchführung numerischer Verfahren erklären,</li> <li>passende numerische Methoden für konkrete Probleme auswählen, implementieren und die numerischen Ergebnisse interpretieren.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> Studierende sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>numerische Methoden zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen zu implementieren, anzuwenden und zu vergleichen,</li> <li>das Konvergenzverhalten numerischer Methoden in Abhängigkeit vom gestellten Problem und des verwendeten Lösungsalgorithmus zu begründen,</li> <li>zu gegebener Problemstellung einen geeigneten Lösungsansatz zu entwickeln, gegebenenfalls durch Zusammensetzen mehrerer Algorithmen, diesen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch auszuwerten.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten, sich gegenseitig theoretische Grundlagen erklären sowie einander bei der praktischen Implementierung der Algorithmen unterstützen.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Studierende sind fähig,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen und</li> <li>ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung I. Mathematics: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Interdisciplinary Mathematics: Vertiefung II. Numerical - Modelling Training: Pflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0576: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Daniel Ruprecht
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Numerische Verfahren für Anfangswertprobleme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschrittverfahren</li> <li>• Mehrschrittverfahren</li> <li>• Steife Probleme</li> <li>• Differentiell-algebraische Gleichungen vom Index 1</li> </ul> <p>Numerische Verfahren für Randwertaufgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrzielmethode</li> <li>• Differenzenverfahren</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Hairer, S. Noersett, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems.</li> <li>• E. Hairer, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems.</li> <li>• D. Griffiths, D. Higham: Numerical Methods for Ordinary Differential Equations.</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0582: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Daniel Ruprecht
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M2029: Process Imaging			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Prozessbildung (L2723)		Vorlesung	3              3
Prozessbildung Praktikum (L2724)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Penn		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	No special prerequisites needed. An interest in imaging techniques and image processing is helpful but not mandatory.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The module focuses primarily on discussing established imaging techniques including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography. Moreover, it presents and discusses a range of more recent imaging modalities. The students will learn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature),</li> <li>2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and</li> <li>3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.</li> </ol>		
<i>Fertigkeiten</i>	<p>After the successful completion of the course, the students shall:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods,</li> <li>2. be able to assess the pros and cons of these methods with regard to cost, complexity, expected contrasts, spatial and temporal resolution, and based on this assessment</li> <li>3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.</li> </ol>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> In the problem-based interactive course, students work in small teams and set up two process imaging systems and use these systems to measure relevant process parameters in different chemical and bioprocess engineering applications. The teamwork will foster interpersonal communication skills.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are guided to work in self-motivation due to the challenge-based character of this module. A final presentation improves presentation skills.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	70 % schriftlicher Prüfung, 30% aktiver Mitarbeit und Abschlusspräsentation der problembasierten Lerneinheiten mit 5- 10 seitigen Bericht		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2723: Process Imaging	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Penn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>The lecture focuses primarily on presenting and discussing established imaging techniques relevant to the field of engineering including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography. Moreover, it presents and discusses a range of more recent imaging modalities. The students will learn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature),</li> <li>2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and</li> <li>3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.</p> <p>Available as e-book in the library of TUHH: <a href="https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395">https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395</a></p>

Lehrveranstaltung L2724: Process Imaging Practicals	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Penn, Dr. Stefan Benders
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Content:</b> The module focuses primarily on discussing established imaging techniques including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography, and (d) ultrasound imaging and also covers a range of more recent imaging modalities. The students will learn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature),</li> <li>2. how the measurements work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and</li> <li>3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.</li> </ol> <p><b>Learning goals:</b> After the successful completion of the course, the students shall:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods,</li> <li>2. be able to assess the pros and cons of these methods with regard to cost, complexity, expected contrasts, spatial and temporal resolution, and based on this assessment</li> <li>3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.</p> <p>Available as e-book in the library of TUHH: <a href="https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395">https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395</a></p>

Modul M0898: Heterogeneous Catalysis			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Analyse und Auslegung Heterogen Katalytischer Reaktoren (L0223)	Vorlesung	2	2
Moderne Methoden in der Heterogenen Katalyse (L0533)	Vorlesung	2	2
Moderne Methoden in der Heterogenen Katalyse (L0534)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Raimund Horn		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Content of the bachelor-modules "process technology", as well as particle technology, fluidmechanics in process-technology and transport processes.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	The students are able to apply their knowledge to explain industrial catalytic processes as well as indicate different synthesis routes of established catalyst systems. They are capable to outline dis-/advantages of supported and full-catalysts with respect to their application. Students are able to identify analytical tools for specific catalytic applications.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	After successful completion of the module, students are able to use their knowledge to identify suitable analytical tools for specific catalytic applications and to explain their choice. Moreover the students are able to choose and formulate suitable reactor systems for the current synthesis process. Students can apply their knowledge discretely to develop and conduct experiments. They are able to appraise achieved results into a more general context and draw conclusions out of them.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	The students are able to plan, prepare, conduct and document experiments according to scientific guidelines in small groups.		
<i>Sozialkompetenz</i>	The students can discuss their subject related knowledge among each other and with their teachers.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students are able to obtain further information for experimental planning and assess their relevance autonomously.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja            Keiner	Referat	
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0223: Analysis and Design of Heterogeneous Catalytic Reactors	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	1. Material- and Energybalance of the two-dimensional zweidimensionalen pseudo-homogeneous reactor model 2. Numerical solution of ordinary differential equations (Euler, Runge-Kutta, solvers for stiff problems, step controlled solvers) 3. Reactor design with one-dimensional models (ethane cracker, catalyst deactivation, tubular reactor with deactivating catalyst, moving bed reactor with regenerating catalyst, riser reactor, fluidized bed reactor) 4. Partial differential equations (classification, numerical solution Lösung, finite difference method, method of lines) 5. Examples of reactor design (isothermal tubular reactor with axial dispersion, dehydrogenation of ethyl benzene, wrong-way behaviour) 6. Boundary value problems (numerical solution, shooting method, concentration- and temperature profiles in a catalyst pellet, multiphase reactors, trickle bed reactor)
<b>Literatur</b>	1. Lecture notes R. Horn 2. Lecture notes F. Keil 3. G. F. Froment, K. B. Bischoff, J. De Wilde, Chemical Reactor Analysis and Design, John Wiley & Sons, 2010 4. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Publ. Inc., 2000

Lehrveranstaltung L0533: Modern Methods in Heterogeneous Catalysis	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Heterogeneous Catalysis and Chemical Reaction Engineering are inextricably linked. About 90% of all chemical intermediates and consumer products (fuels, plastics, fertilizers etc.) are produced with the aid of catalysts. Most of them, in particular large scale products, are produced by heterogeneous catalysis viz. gaseous or liquid reactants react on solid catalysts. In multiphase reactors gases, liquids and a solid catalyst are present.</p> <p>Heterogeneous catalysis plays also a key role in any future energy scenario (fuel cells, electrocatalytic splitting of water) and in environmental engineering (automotive catalysis, photocatalytic abatement of water pollutants).</p> <p>Heterogeneous catalysis is an interdisciplinary science requiring knowledge of different scientific disciplines such as</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materials Science (synthesis and characterization of solid catalysts)</li> <li>• Physics (structure and electronic properties of solids, defects)</li> <li>• Physical Chemistry (thermodynamics, reaction mechanisms, chemical kinetics, adsorption, desorption, spectroscopy, surface chemistry, theory)</li> <li>• Reaction Engineering (catalytic reactors, mass- and heat transport in catalytic reactors, multi-scale modeling, application of heterogeneous catalysis)</li> </ul> <p>The class „Modern Methods in Heterogeneous Catalysis“ will deal with the above listed aspects of heterogeneous catalysis beyond the material presented in the normal curriculum of chemical reaction engineering classes. In the corresponding laboratory will have the opportunity to apply their acquired theoretical knowledge by synthesizing a solid catalyst, characterizing it with a variety of modern instrumental methods (e.g. BET, chemisorption, pore analysis, XRD, Raman-Spectroscopy, Electron Microscopy) and measuring its kinetics. Class and laboratory „Modern Methods in Heterogeneous Catalysis“ in combination with the lecture „Analysis and Design of Heterogeneous Catalytic Reactors“ will give interested students the opportunity to specialize in this vibrant, multifaceted and application oriented field of research.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J.M. Thomas, W.J. Thomas: Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis, VCH</li> <li>• I. Chorkendorff, J. W. Niemantsverdriet, Concepts of Modern Catalysis and Kinetics, WILEY-VCH</li> <li>• B.C. Gates: Catalytic Chemistry, John Wiley</li> <li>• R.A. van Santen, P.W.N.M. van Leeuwen, J.A. Moulijn, B.A. Averill (Eds.): Catalysis: an integrated approach, Elsevier</li> <li>• D.P. Woodruff, T.A. Delchar: Modern Techniques of Surface Science, Cambridge Univ. Press</li> <li>• J.W. Niemantsverdriet: Spectroscopy in Catalysis, VCH</li> <li>• F. Delannay (Ed.): Characterization of heterogeneous catalysts, Marcel Dekker</li> <li>• C.H. Bartholomew, R.J. Farrauto: Fundamentals of Industrial Catalytic Processes (2nd Ed.), Wiley</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0534: Modern Methods in Heterogeneous Catalysis	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Modul M1709: Applied optimization in energy and process engineering</b>				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2693)		Integrierte Vorlesung	2	3
Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2695)		Gruppenübung	3	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Fundamentals in the field of mathematical modeling and numerical mathematics, as well as a basic understanding of process engineering processes.  In particular the contents of the module Process and Plant Engineering II			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The module provides a general introduction to the basics of applied mathematical optimization and deals with application areas on different scales from the identification of kinetic models, to the optimal design of unit operations and the optimization of entire (sub)processes, as well as production planning. In addition to the basic classification and formulation of optimization problems, different solution approaches are discussed and tested during the exercises. Besides deterministic gradient-based methods, metaheuristics such as evolutionary and genetic algorithms and their application are discussed as well.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to Applied Optimization</li> <li>• Formulation of optimization problems</li> <li>• Linear Optimization</li> <li>• Nonlinear Optimization</li> <li>• Mixed-integer (non)linear optimization</li> <li>• Multi-objective optimization</li> <li>• Global optimization</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> After successful participation in the module "Applied Optimization in Energy and Process Engineering", students are able to formulate the different types of optimization problems and to select appropriate solution methods in suitable software such as Matlab and GAMS and to develop improved solution strategies. Furthermore, students will be able to interpret and critically examine the results accordingly.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Students are capable of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop solutions in heterogeneous small groups</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are capable of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tapping new knowledge on a special subject by literature research</li> </ul>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70			
<b>Leistungspunkte</b>	6			
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Nein	10 %	Midterm	Bonuspunkte
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung			
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	35 min			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung III. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht			



<b>Lehrveranstaltung L2693: Applied optimization in energy and process engineering</b>	
<b>Typ</b>	Integrierte Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>The lecture offers a general introduction to the basics and possibilities of applied mathematical optimization and deals with application areas on different scales from kinetics identification, optimal design of unit operations to the optimization of entire (sub)processes, and production planning. In addition to the basic classification and formulation of optimization problems, different solution approaches are discussed. Besides deterministic gradient-based methods, metaheuristics such as evolutionary and genetic algorithms and their application are discussed as well.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to Applied Optimization</li> <li>- Formulation of optimization problems</li> <li>- Linear Optimization</li> <li>- Nonlinear Optimization</li> <li>- Mixed-integer (non)linear optimization</li> <li>- Multi-objective optimization</li> <li>- Global optimization</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Weicker, K., Evolutionäre Algorithmen, Springer, 2015</p> <p>Edgar, T. F., Himmelblau D. M., Lasdon, L. S., Optimization of Chemical Processes, McGraw Hill, 2001</p> <p>Biegler, L. Nonlinear Programming - Concepts, Algorithms, and Applications to Chemical Processes, 2010</p> <p>Kallrath, J. Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis, Vieweg, 2002</p>

<b>Lehrveranstaltung L2695: Applied optimization in energy and process engineering</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1737: Power-to-X Verfahren			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Power-to-X Verfahren (L2805)	Vorlesung	2	2
Power-to-X Verfahren (L2806)	Hörsaalübung	1	2
Praktische Aspekte der Energieumwandlung (L2807)	Laborpraktikum	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jakob Albert		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse aus dem Bachelor-Studium Verfahrenstechnik</li> <li>• Chemische Reaktionstechnik</li> <li>• Prozess- und Anlagentechnik</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Energiewende in Deutschland erläutern,</li> <li>• einen Überblick über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der Power-to-X Verfahren geben,</li> <li>• verschiedene Power-to-X Konzepte im Hinblick auf ihre technischen Herausforderungen und den gesellschaftlichen Nutzen bewerten.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte zur technischen Umsetzung von Power-to-X Verfahren zu entwickeln,</li> <li>• praktische Aspekte der Energieumwandlung zu Plattformchemikalien anhand labortechnischer Experimente zu bewerten,</li> <li>• das erlernte Wissen auf verschiedene ingenieurwissenschaftlich relevante Power-to-X Verfahren anzuwenden.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, selbstständig in einer interdisziplinären Kleingruppe Lösungsansätze und Probleme im Bereich der Energiewende in Deutschland zu diskutieren,</li> <li>• können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten,</li> <li>• sind in der Lage, anhand von labortechnischen Experimenten die praktischen Aspekte der Energieumwandlung zu Plattformchemikalien zu erarbeiten, die Analytik der Produkte durchzuführen und zu bewerten sowie die Ergebnisse der Versuche in einem Protokoll präzise zusammenzufassen.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, selbstständig weitführende Literatur zum Thema zu beschaffen sich Wissen daraus zu erschließen,</li> <li>• sind in der Lage, selbstständig Aufgaben zum Thema zu lösen und anhand des gegebenen Feedbacks ihren Lernstand einzuschätzen,</li> <li>• sind in der Lage, selbstständig experimentelle Untersuchungen zum Thema durchzuführen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2805: Power-to-X Verfahren	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Jakob Albert
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regenerative Überschussenergie</li> <li>• Elektrolyse</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Quellen für Power-to-X</li> <li>• Power-to-Heat</li> <li>• Power-to-Power</li> <li>• Power-to-Gas (SNG)</li> <li>• Power-to-Syngas</li> <li>• Power-to-Methanol</li> <li>• Power-to-Fuels</li> <li>• Power-to-Ammonia</li> <li>• LOHC (Liquid organic hydrogen carrier)</li> <li>• Ökonomischer und ökologischer Vergleich verschiedener Konzepte</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. H. Watter, „Regenerative Energiesysteme“, Springer, 2015</li> </ol>

Lehrveranstaltung L2806: Power-to-X Verfahren	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Stefanie Wesinger
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	In der Hörsaalübung werden die Inhalte der Vorlesung weiter vertieft und in die praktische Anwendung überführt. Dies geschieht anhand von Beispielsaufgaben aus der Praxis, die den Studierenden zur Verfügung gestellt werden. Die Studierenden sollen diese Aufgaben mit Hilfe des Vorlesungsstoffes eigenständig oder in Gruppen lösen. Die Lösung wird dann mit Studierenden unter wissenschaftlicher Anleitung diskutiert, wobei Aufgabenteile an der Tafel präsentiert werden.
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. H. Watter, „Regenerative Energiesysteme“, Springer, 2015</li> </ol>

Lehrveranstaltung L2807: Praktische Aspekte der Energieumwandlung	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Maximilian Poller
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Im Laborpraktikum werden praxisnahe Experimente zu Power-to-X Verfahren durchgeführt. Hierbei werden den Studierenden die Herausforderungen zur technischen Umsetzung von Power-to-X Verfahren verdeutlicht. Die zugehörige Analytik der Versuchsproben ist ebenfalls Bestandteil des Laborpraktikums und werden von den Studierenden selbst durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse werden in einem Versuchsprotokoll präzise zusammengefasst und wissenschaftlich dargestellt.
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. H. Watter, „Regenerative Energiesysteme“, Springer, 2015</li> </ol>

Modul M1954: Process Simulation and Process Safety			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
CAPE inkl. Computerübung (L1039)		Integrierte Vorlesung	3            4
Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe (L1040)		Vorlesung	2            2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	thermal separation processes  heat and mass transport processes		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	students can:  - outline types of simulation tools  - describe principles of flowsheet and equation oriented simulation tools  - describe the setting of flowsheet simulation tools  - explain the main differences between steady state and dynamic simulations  - present the fundamentals of toxicology and hazardous materials  - explain the main methods of safety engineering  - present the importance of safety analysis with respect to plant design  - describe the definitions within the legal accident insurance  accident insurance		
<i>Fertigkeiten</i>	students can:  - conduct steady state and dynamic simulations  - evaluate simulation results and transform them in the practice  - choose and combine suitable simulation models into a production plant  - evaluate the achieved simulation results regarding practical importance  - evaluate the results of many experimental methods regarding safety aspects  - review, compare and use results of safety considerations for a plant design		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	students are able to:  - work together in teams in order to simulate process elements and develop an integral process  - develop in teams a safety concept for a process and present it to the audience		
<i>Selbstständigkeit</i>	students are able to  - act responsible with respect to environment and needs of the society		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Klausur 90 Minuten und schriftliche Ausarbeitung		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1039: CAPE with Computer Exercises	
<b>Typ</b>	Integrierte Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>I. Introduction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamentals of steady state process simulation                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1. Classes of simulation tools</li> <li>1.2. Sequential-modularer approach</li> <li>1.3. Operating mode of ASPEN PLUS</li> </ul> </li> <li>2. Introduction in ASPEN PLUS                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. GUI</li> <li>2.2. Estimation methods of physical properties</li> <li>2.3. Aspen tools (z.B. Designspecification)</li> <li>2.4. Convergence methods</li> </ul> </li> </ul> <p>II. Exercices using ASPEN PLUS and ACM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performance and constraints of ASPEN PLUS</li> <li>ASPEN datenbank using</li> <li>Estimation methods of physical properties</li> <li>Application of model databank, process synthesis</li> <li>Design specifications</li> <li>Sensitivity analysis</li> <li>Optimization tasks</li> <li>Industrial cases</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- G. Fieg: Lecture notes</li> <li>- Seider, W.D.; Seader, J.D.; Lewin, D.R.: Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation; Hoboken, J. Wiley &amp; Sons, 2010</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L1040: Methods of Process Safety and Dangerous Substances</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Practical implementation of safety analyses (methods)</p> <p>Safety-related parameters and methods for their determination</p> <p>Hazard characteristics according to the Chemicals Act</p> <p>GHS (Globally Harmonized System) for the classification and labelling of chemicals</p> <p>Hazardous substances</p> <p>Toxicology</p> <p>Personal safety</p> <p>Safety considerations in plant design</p> <p>Inherently safe process design</p> <p>Technical measures for plant safety</p>
<b>Literatur</b>	<p>Bender, H.: Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen; Weinheim (2005)</p> <p>Bender, H.: Das Gefahrstoffbuch. Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen in der Praxis; Weinheim (2002)</p> <p>Birett, K.: Umgang mit Gefahrstoffen; Heidelberg (2011)</p> <p>Birgersson, B.; Sterner, O.; Zimerson, E.: Chemie und Gesundheit; Weinheim (1988)</p> <p>O. Antelmann, Diss. an der TU Berlin, 2001</p> <p>R. Dittmeyer, W. Keim, G. Kreysa, A. Oberholz, Chemische Technik, Prozesse und Produkte, Band 1 Methodische Grundlagen, VCH, 2004-2006, S. 719</p> <p>H. Pohle, Chemische Industrie, Umweltschutz, Arbeitsschutz, Anlagensicherheit, VCH, Weinheim, 1991</p> <p>J. Steinbach, Chemische Sicherheitstechnik, VCH, Weinheim, 1995</p> <p>G. Suter, Identifikation sicherheitskritischer Prozesse, P&amp;A Kompendium, 2004</p>

Modul M2028: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Lagrangescher Transport in turbulenten Strömungen (L2301)		Vorlesung	2
Numerische Strömungssimulation - Übung mit OpenFoam (L1375)		Gruppenübung	1
Numerische Strömungssimulation in der Verfahrenstechnik (L1052)		Vorlesung	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Schlüter		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematics I-IV</li> <li>• Basic knowledge in Fluid Mechanics</li> <li>• Basic knowledge in chemical thermodynamics</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> After successful completion of the module the students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the the basic principles of statistical thermodynamics (ensembles, simple systems)</li> <li>• describe the main approaches in classical Molecular Modeling (Monte Carlo, Molecular Dynamics) in various ensembles</li> <li>• discuss examples of computer programs in detail,</li> <li>• evaluate the application of numerical simulations,</li> <li>• list the possible start and boundary conditions for a numerical simulation.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• set up computer programs for solving simple problems by Monte Carlo or molecular dynamics,</li> <li>• solve problems by molecular modeling,</li> <li>• set up a numerical grid,</li> <li>• perform a simple numerical simulation with OpenFoam,</li> <li>• evaluate the result of a numerical simulation.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop joint solutions in mixed teams and present them in front of the other students,</li> <li>• to collaborate in a team and to reflect their own contribution toward it.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• evaluate their learning progress and to define the following steps of learning on that basis,</li> <li>• evaluate possible consequences for their profession.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2301: Lagrangian transport in turbulent flows	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Yan Jin
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Contents - Common variables and terms for characterizing turbulence (energy spectra, energy cascade, etc.) - An overview of Lagrange analysis methods and experiments in fluid mechanics

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Critical examination of the concept of turbulence and turbulent structures.</li> <li>- Calculation of the transport of ideal fluid elements and associated analysis methods (absolute and relative diffusion, Lagrangian Coherent Structures, etc.)</li> <li>- Implementation of a Runge-Kutta 4th-order in Matlab</li> <li>- Introduction to particle integration using ODE solver from Matlab</li> <li>- Problems from turbulence research</li> <li>- Application analytical methods with Matlab.</li> </ul> <p>Structure:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 14 units a 2x45 min.</li> <li>- 10 units lecture</li> <li>- 4 Units Matlab Exercise- Go through the exercises Matlab, Peer2Peer? Explain solutions to your colleague</li> </ul> <p>Learning goals:</p> <p>Students receive very specific, in-depth knowledge from modern turbulence research and transport analysis. → Knowledge</p> <p>The students learn to classify the acquired knowledge, they study approaches to further develop the knowledge themselves and to relate different data sources to each other. → Knowledge, skills</p> <p>The students are trained in the personal competence to independently delve into and research a scientific topic. → Independence</p> <p>Matlab exercises in small groups during the lecture and guided Peer2Peer discussion rounds train communication skills in complex situations. The mixture of precise language and intuitive understanding is learnt. → Knowledge, social competence</p> <p>Required knowledge:</p> <p>Fluid mechanics 1 and 2 advantageous</p> <p>Programming knowledge advantageous</p>
<p><b>Literatur</b></p>	<p>Bakunin, Oleg G. (2008): Turbulence and Diffusion. Scaling Versus Equations. Berlin [u. a.]: Springer Verlag.</p> <p>Bourgoin, Mickaël; Ouellette, Nicholas T.; Xu, Haitao; Berg, Jacob; Bodenschatz, Eberhard (2006): The role of pair dispersion in turbulent flow. In: Science (New York, N.Y.) 311 (5762), S. 835-838. DOI: 10.1126/science.1121726.</p> <p>Davidson, P. A. (2015): Turbulence. An introduction for scientists and engineers. Second edition. Oxford: Oxford Univ. Press.</p> <p>Graff, L. S.; Guttu, S.; LaCasce, J. H. (2015): Relative Dispersion in the Atmosphere from Reanalysis Winds. In: J. Atmos. Sci. 72 (7), S. 2769-2785. DOI: 10.1175/JAS-D-14-0225.1.</p> <p>Grigoriev, Roman (2011): Transport and Mixing in Laminar Flows. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA.</p> <p>Haller, George (2015): Lagrangian Coherent Structures. In: Annu. Rev. Fluid Mech. 47 (1), S. 137-162. DOI: 10.1146/annurev-fluid-010313-141322.</p> <p>Kameke, A. von; Huhn, F.; Fernández-García, G.; Muñozuri, A. P.; Pérez-Muñozuri, V. (2010): Propagation of a chemical wave front in a quasi-two-dimensional superdiffusive flow. In: Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics 81 (6 Pt 2), S. 66211. DOI: 10.1103/PhysRevE.81.066211.</p> <p>Kameke, A. von; Huhn, F.; Fernández-García, G.; Muñozuri, A. P.; Pérez-Muñozuri, V. (2011): Double cascade turbulence and Richardson dispersion in a horizontal fluid flow induced by Faraday waves. In: Physical review letters 107 (7), S. 74502. DOI: 10.1103/PhysRevLett.107.074502.</p> <p>Kameke, A.v.; Kastens, S.; Rüttinger, S.; Herres-Pawlis, S.; Schlüter, M. (2019): How coherent structures dominate the residence time in a bubble wake: An experimental example. In: Chemical Engineering Science 207, S. 317-326. DOI: 10.1016/j.ces.2019.06.033.</p> <p>Klages, Rainer; Radons, Günter; Sokolov, Igor M. (2008): Anomalous Transport: Wiley.</p> <p>LaCasce, J. H. (2008): Statistics from Lagrangian observations. In: Progress in Oceanography 77 (1), S. 1-29. DOI: 10.1016/j.pocean.2008.02.002.</p> <p>Neufeld, Zoltán; Hernández-García, Emilio (2009): Chemical and Biological Processes in Fluid Flows: PUBLISHED BY IMPERIAL COLLEGE PRESS AND DISTRIBUTED BY WORLD SCIENTIFIC PUBLISHING CO.</p> <p>Onu, K.; Huhn, F.; Haller, G. (2015): LCS Tool: A computational platform for Lagrangian coherent structures. In: Journal of Computational Science 7, S. 26-36. DOI: 10.1016/j.jocs.2014.12.002.</p> <p>Ouellette, Nicholas T.; Xu, Haitao; Bourgoin, Mickaël; Bodenschatz, Eberhard (2006): An experimental study of turbulent relative dispersion models. In: New J. Phys. 8 (6), S. 109. DOI: 10.1088/1367-2630/8/6/109.</p> <p>Pope, Stephen B. (2000): Turbulent Flows. Cambridge: Cambridge University Press.</p>



Rivera, M. K.; Ecke, R. E. (2005): Pair dispersion and doubling time statistics in two-dimensional turbulence. In: Physical review letters 95 (19), S. 194503. DOI: 10.1103/PhysRevLett.95.194503.

Vallis, Geoffrey K. (2010): Atmospheric and oceanic fluid dynamics. Fundamentals and large-scale circulation. 5. printing. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

**Lehrveranstaltung L1375: Computational Fluid Dynamics - Exercises in OpenFoam**

<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• generation of numerical grids with a common grid generator</li> <li>• selection of models and boundary conditions</li> <li>• basic numerical simulation with OpenFoam within the TUHH CIP-Pool</li> </ul>
<b>Literatur</b>	OpenFoam Tutorials (StudIP)

**Lehrveranstaltung L1052: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering**

<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Schlüter
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction into partial differential equations</li> <li>• Basic equations</li> <li>• Boundary conditions and grids</li> <li>• Numerical methods</li> <li>• Finite difference method</li> <li>• Finite volume method</li> <li>• Time discretisation and stability</li> <li>• Population balance</li> <li>• Multiphase Systems</li> <li>• Modeling of Turbulent Flows</li> <li>• Exercises: Stability Analysis</li> <li>• Exercises: Example on CFD - analytically/numerically</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Paschedag A.R.: CFD in der Verfahrenstechnik: Allgemeine Grundlagen und mehrphasige Anwendungen, Wiley-VCH, 2004 ISBN 3-527-30994-2.</p> <p>Ferziger, J.H.; Peric, M.: Numerische Strömungsmechanik. Springer-Verlag, Berlin, 2008, ISBN: 3540675868.</p> <p>Ferziger, J.H.; Peric, M.: Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer, 2002, ISBN 3-540-42074-6</p>

Modul M0633: Industrial Process Automation			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Prozessautomatisierungstechnik (L0344)		Vorlesung	2              3
Prozessautomatisierungstechnik (L0345)		Gruppenübung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Schlaefer		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	mathematics and optimization methods principles of automata principles of algorithms and data structures programming skills		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The students can evaluate and assess discrete event systems. They can evaluate properties of processes and explain methods for process analysis. The students can compare methods for process modelling and select an appropriate method for actual problems. They can discuss scheduling methods in the context of actual problems and give a detailed explanation of advantages and disadvantages of different programming methods. The students can relate process automation to methods from robotics and sensor systems as well as to recent topics like 'cyberphysical systems' and 'industry 4.0'.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to develop and model processes and evaluate them accordingly. This involves taking into account optimal scheduling, understanding algorithmic complexity, and implementation using PLCs.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students can independently define work processes within their groups, distribute tasks within the group and develop solutions collaboratively.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> The students are able to assess their level of knowledge and to document their work results adequately.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Nein	10 %	Übungsaufgaben
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0344: Industrial Process Automation</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- foundations of problem solving and system modeling, discrete event systems</li> <li>- properties of processes, modeling using automata and Petri-nets</li> <li>- design considerations for processes (mutex, deadlock avoidance, liveness)</li> <li>- optimal scheduling for processes</li> <li>- optimal decisions when planning manufacturing systems, decisions under uncertainty</li> <li>- software design and software architectures for automation, PLCs</li> </ul>
<b>Literatur</b>	J. Lunze: „Automatisierungstechnik“, Oldenbourg Verlag, 2012 Reisig: Petrinetze: Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien; Vieweg+Teubner 2010 Hruz, Zhou: Modeling and Control of Discrete-event Dynamic Systems; Springer 2007 Li, Zhou: Deadlock Resolution in Automated Manufacturing Systems, Springer 2009 Pinedo: Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Springer 2009

<b>Lehrveranstaltung L0345: Industrial Process Automation</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0899: Synthesis and Design of Industrial Processes			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Synthese und Auslegung industrieller Anlagen (L1048)		Vorlesung	1            2
Synthese und Auslegung industrieller Anlagen (L1977)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3            4
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	process and plant engineering I and II  thermal separation processes  heat and mass transport processes  CAPE (absolut necessarily!)		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<i>Wissen</i> students can: - reproduce the main elements of design of industrial processes - give an overview and explain the phases of design - describe and explain energy, mass balances, cost estimation methods and economic evaluation of invest projects - justify and discuss process control concepts and fundamentals of process optimization  <i>Fertigkeiten</i> students are capable of: - conduction and evaluation of design of unit operations - combination of unit operation to a complex process plant - use of cost estimation methods for the prediction of production costs - carry out the pfd-diagram		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<i>Sozialkompetenz</i> students are able to discuss and develop in groups the design of an industrial process  <i>Selbstständigkeit</i> students are able to reflect the consequences of their professional activity		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Engineering Handbook und mündliche Prüfung (20 min)		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1048: Synthesis and Design of Industrial Facilities</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Presentation of the task</p> <p>Introduction to design and analysis of a chemical processing plant (example chemical processing plants)</p> <p>Discussion of the process, preparation of process flow diagram</p> <p>Calculation of material balance</p> <p>Calculation of energy balance</p> <p>Designing/Sizing of the equipment</p> <p>Capital cost estimation</p> <p>Production cost estimation</p> <p>Process control &amp; HAZOP Study</p> <p>Lecture 11 = Process optimization</p> <p>Lecture 12 = Final Project Presentation</p>
<b>Literatur</b>	<p>Richard Turton; Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes:International Edition</p> <p>Harry Silla; Chemical Process Engineering: Design And Economics</p> <p>Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Second Edition: Chemical Engineering Design</p> <p>Lorenz T. Biegler;Systematic Methods of Chemical Process Design</p> <p>Max S. Peters, Klaus Timmerhaus; Plant Design and Economics for Chemical Engineers</p> <p>James Douglas; Conceptual Design of Chemical Processes</p> <p>Robin Smith; Chemical Process: Design and Integration</p> <p>Warren D. Seider; Process design principles, synthesis analysis and evaluation</p>

<b>Lehrveranstaltung L1977: Industrial Plant Design and Economics</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Creation of a flowsheet for an industrial process</p> <p>Calculation of the mass and energy balance</p> <p>Calculation of investment and manufacturing costs</p> <p>Possibilities of process intensification</p> <p>Comparison of conventional and intensified processes</p>
<b>Literatur</b>	<p>Richard Turton; Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes:International Edition</p> <p>Harry Silla; Chemical Process Engineering: Design And Economics</p> <p>Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Second Edition: Chemical Engineering Design</p> <p>Lorenz T. Biegler;Systematic Methods of Chemical Process Design</p> <p>Max S. Peters, Klaus Timmerhaus; Plant Design and Economics for Chemical Engineers</p> <p>James Douglas; Conceptual Design of Chemical Processes</p> <p>Robin Smith; Chemical Process: Design and Integration</p> <p>Warren D. Seider; Process design principles, synthesis analysis and evaluation</p>

Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Grundlagen der Wirbelschichttechnologie (L0431)	Vorlesung	2	2
Praktikum Wirbelschichttechnologie (L1369)	Laborpraktikum	1	1
Technische Anwendungen der Partikeltechnologie (L0955)	Vorlesung	2	2
Übungen zur Wirbelschichttechnologie (L1372)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Stefan Heinrich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse aus dem Modul Partikeltechnologie I		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, beispielhaft die Zusammenstellung von Prozessen der Feststoffverfahrenstechnik aus Apparaten und Verfahren der Partikeltechnologie zu beschreiben und das Zusammenwirken einzelner Teilprozesse in einem Gesamtprozess erläutern.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen in der Feststoffverfahrenstechnik zu analysieren und geeignete Prozessketten zusammenzustellen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Studierende sind in der Lage fachspezifische Inhalte in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind dazu in der Lage fachspezifisches Wissen selbstständig zu vertiefen und in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung      drei Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0431: Fluidization Technology	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Introduction: definition, fluidization regimes, comparison with other types of gas/solids reactors Typical fluidized bed applications Fluidmechanical principle Local fluid mechanics of gas/solid fluidization Fast fluidization (circulating fluidized bed) Entrainment Solids mixing in fluidized beds Application of fluidized beds to granulation and drying processes
<b>Literatur</b>	Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.

<b>Lehrveranstaltung L1369: Practical Course Fluidization Technology</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Experiments: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determination of the minimum fluidization velocity</li> <li>• heat transfer</li> <li>• granulation</li> <li>• drying</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.

<b>Lehrveranstaltung L0955: Technische Anwendungen der Partikeltechnologie</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Werner Sitzmann
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Auf der Basis physikalischer Grundlagen werden die Grundoperationen Mischen, Trennen, Agglomerieren und Zerkleinern hinsichtlich ihrer technischen Anwendung aus Sicht des Praktikers diskutiert. Es werden Maschinen und Apparate vorgestellt, deren Aufbau und Wirkungsweise erklärt und ihre Einbindung in Produktionsprozesse der Chemie, der Lebens- und Futtermitteltechnik sowie der Entsorgungs- und Recyclingindustrie veranschaulicht.
<b>Literatur</b>	Stieß M: Mechanische Verfahrenstechnik I und II, Springer - Verlag, 1997

<b>Lehrveranstaltung L1372: Exercises in Fluidization Technology</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Heinrich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Exercises and calculation examples for the lecture Fluidization Technology
<b>Literatur</b>	Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.

Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Bioökonomie (L2797)	Vorlesung	2	2
Chemische Kinetik (L0508)	Vorlesung	2	2
Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen (L0052)	Vorlesung	2	3
Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie (L2021)	Vorlesung	2	2
Optik für Ingenieure (L2437)	Vorlesung	3	3
Optik für Ingenieure (L2438)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Sicherheit chemischer Reaktionen (L1321)	Vorlesung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Schlüter		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Die Studierenden sollten die Bachelor-Veranstaltungen "Verfahrenstechnik" erfolgreich absolviert haben.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte verfahrenstechnische Spezialgebiete innerhalb der Verfahrenstechnik zu verorten. Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende technische Zusammenhänge und Modelle erklären.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können in international besetzten Teams auf englisch diskutieren und unter Zeitdruck einen Lösungsweg erarbeiten.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende können selbstständig auswählen, welche Kenntnisse und Fähigkeiten sie durch die Wahl der geeigneten Fächer vertiefen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2797: Bioeconomy	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min
<b>Dozenten</b>	Prof. Garabed Antranikian
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	Bioeconomy is the production, utilization and conservation of biological resources, including related knowledge, science, technology, and innovation, to provide information products, processes, and services across all economic sectors aiming towards a sustainable biobased technology. In this course the significance of various topics including the production and processing of biomass, economics, logistic as well as management will be discussed. Technologies aiming at the production of renewable biological resources and the conversion of these resources and waste streams into value-added products, such as food, feed, bio-based products (textiles, bioplastics, chemicals, pharmaceuticals) and bioenergy will be presented. Biological tools including microorganisms and enzymes will be introduced. This approach with a focus on chemical and process engineering will provide a smooth transition from crude oil-based industry to Sustainable Circular Bioeconomy taking into consideration the environmental issues. This sustainable use of renewable resources for industrial purposes will ensure environmental protection and a long-term balance of social and economic gains.
<b>Literatur</b>	



Lehrveranstaltung L0508: Chemical Kinetics	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Micro kinetics, formal kinetics, molecularity, reaction order, integrated rate laws</li> <li>- Complex reactions, reversible reactions, consecutive reactions, parallel reactions, approximation methods: steady-state, pseudo-first order, numerical solution of rate equations , example : Belousov-Zhabotinskii reaction</li> <li>- Experimental methods of kinetics, integral approach, differential approach, initial rate method, method of half-life, relaxation methods</li> <li>- Collision theory, Maxwell velocity distribution, collision numbers, line of centers model</li> <li>- Transition state theory, partition functions of atoms and molecules, examples, calculating reaction equilibria on the basis of molecular data only, heats of reaction, calculating rates of reaction by means of statistical thermodynamics</li> <li>- Kinetics of heterogeneous reactions, peculiarities of heterogeneous reactions, mean-field approximation, Langmuir adsorption isotherm, reaction mechanisms, Langmuir-Hinshelwood Mechanism, Eley-Rideal Mechanism, steady-state approximation, quasi-equilibrium approximation, most abundant reaction intermediate (MARI), reaction order, apparent activation energy, example: CO oxidation, transition state theory of surface reactions, Sabatier´s principle, sticking coefficient, parameter fitting</li> <li>- Explosions, cold flames</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>J. I. Steinfeld, J. S. Francisco, W. L. Hase: Chemical Kinetics &amp; Dynamics, Prentice Hall</p> <p>K. J. Laidler: Chemical Kinetics, Harper &amp; Row Publishers</p> <p>R. K. Masel. Chemical Kinetics &amp; Catalysis , Wiley</p> <p>I. Chorkendorff,, J. W. Niemantsverdriet: Concepts of modern Catalysis and Kinetics, Wiley</p>

Lehrveranstaltung L0052: Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min
<b>Dozenten</b>	Prof. Werner Sitzmann
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Die großtechnische Anwendung verfahrenstechnischer Grundoperationen wird an aktuellen Beispielen der Verarbeitung fester Biomassen demonstriert. Hierzu gehören unter anderem: Zerkleinern, Fördern und Dosieren, Trocknen und Agglomerieren nachwachsender Rohstoffe im Rahmen der Herstellung von Brennstoffen, der Bioethanolerzeugung, der Gewinnung und Veredelung von Pflanzenölen, von Biomass-to-liquid-Prozessen sowie der Herstellung von wood-plastic-composites. Aspekte zum Explosionsschutz und zur Anlagenplanung ergänzen die Vorlesung.
<b>Literatur</b>	<p>Kaltschmitt M., Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Bioamasse, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-64853-4</p> <p>Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe,</p> <p>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <a href="http://www.nachwachsende-rohstoffe.de">www.nachwachsende-rohstoffe.de</a></p> <p>Bockisch M.: Nahrungsfette und -öle, Ulmer Verlag, 1993, ISBN 380000158175</p>

Lehrveranstaltung L2021: Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	12 Seiten
<b>Dozenten</b>	Prof. Frank Kleine Jäger
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L2437: Optics for Engineers	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Prüfungsart</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion
<b>Dozenten</b>	Prof. Thorsten Kern
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic values for optical systems and lighting technology</li> <li>• Spectrum, black-bodies, color-perception</li> <li>• Light-Sources und their characterization</li> <li>• Photometrics</li> <li>• Ray-Optics</li> <li>• Matrix-Optics</li> <li>• Stops, Pupils and Windows</li> <li>• Light-field Technology</li> <li>• Introduction to Wave-Optics</li> <li>• Introduction to Holography</li> </ul>
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L2438: Optics for Engineers	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Prüfungsart</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion
<b>Dozenten</b>	Prof. Thorsten Kern
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L1321: Sicherheit chemischer Reaktionen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min
<b>Dozenten</b>	Dr. Marko Hoffmann
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik (L1051)	<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
		<b>SWS</b>	6
		<b>LP</b>	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dozenten des SD V		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Fortgeschrittener Kenntnisstand im Master-Studium Verfahrenstechnik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden kennen aktuelle Forschungsprojekte der Institute in der Vertiefungsrichtung. Sie können die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden nennen, mit denen an diesen gearbeitet wird.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, ein eigenständiges Teilprojekt in aktuell laufenden Forschungsprojekten der Institute in der Vertiefungsrichtung durchzuführen. Studierende können ihre Vorgehensweise zur Lösung einer Aufgabe begründen, aus den gewonnen Ergebnissen Schlussfolgerungen ziehen und wenn nötig neue Arbeitsmethoden finden. Studierende sind in der Lage, alternative Lösungskonzepte mit dem gewählten Ansatz bzgl. vorgegebener Kriterien zu vergleichen und zu beurteilen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende sind in der Lage, mit Mitarbeitern der betreuenden Institute fachlich den Fortschritt der Arbeit zu diskutieren und ihre Endergebnisse adressatengerecht zu präsentieren.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind in der Lage, anhand der im bisherigen Studium erworbenen Kompetenzen sich selbstständig aus aktuellen Forschungsprojekten sinnvolle Aufgaben zu definieren, dazu notwendiges Wissen zu erschließen sowie geeignete Lösungsmethoden auszuwählen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Studienarbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	laut ASPO		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		
Lehrveranstaltung L1051: Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik			
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung		
<b>SWS</b>	6		
<b>LP</b>	6		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Dozenten</b>	Dozenten des SD V		
<b>Sprachen</b>	DE/EN		
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe		
<b>Inhalt</b>	Bearbeitung aktueller Forschungsthemen der gewählten Vertiefungsrichtung.  Forschungsprojekte können an den Instituten der Verfahrenstechnik, in der Industrie oder im Ausland durchgeführt werden. Es ist immer eine Hochschullehrerin oder ein Hochschullehrer des Studiendekanats Verfahrenstechnik als Betreuer erforderlich, der vor Beginn des Forschungsprojektes festgelegt werden muss.		
<b>Literatur</b>	Aktuelle Literatur zu Forschungsthemen aus der gewählten Vertiefungsrichtung.  Current literature on research topics of the chosen specialization.		

Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0100)		Vorlesung	4	3
Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0230)		Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Simon Müller			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Thermodynamics III			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>				
<i>Wissen</i>	The students are capable to formulate thermodynamic problems and to specify possible solutions. Furthermore, they can describe the current state of research in thermodynamic property predictions.			
<i>Fertigkeiten</i>	The students are capable to apply modern thermodynamic calculation methods to multi-component mixtures and relevant biological systems. They can calculate phase equilibria and partition coefficients by applying equations of state, gE models, and COSMO-RS methods. They can provide a comparison and a critical assessment of these methods with regard to their industrial relevance. The students are capable to use the software COSMOtherm and relevant property tools of ASPEN and to write short programs for the specific calculation of different thermodynamic properties. They can judge and evaluate the results from thermodynamic calculations/predictions for industrial processes.			
<b>Personale Kompetenzen</b>				
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are capable to develop and discuss solutions in small groups; further they can translate these solutions into calculation algorithms.			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students can rank the field of "Applied Thermodynamics" within the scientific and social context. They are capable to define research projects within the field of thermodynamic data calculation.			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84			
<b>Leistungspunkte</b>	6			
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>	
	Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung			
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>				
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L0100: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	4
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 34, Präsenzstudium 56
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Dohrn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phase equilibria in multicomponent systems</li> <li>• Partitioning in biorelevant systems</li> <li>• Calculation of phase equilibria in colloidal systems: UNIFAC, COSMO-RS (exercises in computer pool)</li> <li>• Calculation of partitioning coefficients in biological membranes: COSMO-RS (exercises in computer pool)</li> <li>• Application of equations of state (vapour pressure, phase equilibria, etc.) (exercises in computer pool)</li> <li>• Intermolecular forces, interaction Potentials</li> <li>• Introduction in statistical thermodynamics</li> </ul>
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L0230: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Simon Müller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	exercises in computer pool, see lecture description for more details
<b>Literatur</b>	-

Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Industrielle Biotechnologie in der Chemischen Industrie (L2276)		Seminar	2
Praxis in der Bioverfahrenstechnik (L2275)		Seminar	2
			<b>LP</b>
			3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Andreas Liese		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	After successful completion of the module		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>the students can outline the current status of research on the specific topics discussed</li> <li>the students can explain the basic underlying principles of the respective industrial biotransformations</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	After successful completion of the module students are able to		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>analyze and evaluate current research approaches</li> <li>plan industrial biotransformations basically</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to work together as a team with several students to solve given tasks and discuss their results in the plenary and to defend them.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students are able independently to present the results of their subtasks in a presentation		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	je Veranstaltung 15 min Vortrag and 15 min Diskussion		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprosesstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2276: Industrial biotechnology in Chemical Industry	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Stephan Freyer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	This course gives an insight into the applications, processes, structures and boundary conditions in industrial practice. Various concrete applications of the technology, markets and other questions that will significantly influence the plant and process design will be shown.
<b>Literatur</b>	Chmiel H (ed). Bioprosesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]  Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.  Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a>  Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003  Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprosesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage  Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a>  Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts

<b>Lehrveranstaltung L2275: Practice in bioprocess engineering</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Wilfried Blümke
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Content of this course is a concrete insight into the principles, processes and structures of an industrial biotechnology company. In addition to practical illustrative examples, aspects beyond the actual process engineering area are also addressed, such as e.g. Sustainability and engineering.
<b>Literatur</b>	<p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p>

Modul M1736: Industrial Homogeneous Catalysis			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Homogene Katalyse in der Anwendung (L2804)		Laborpraktikum	1            2
Industrielle homogene Katalyse (L2802)		Vorlesung	2            2
Industrielle homogene Katalyse (L2803)		Hörsaalübung	1            2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jakob Albert		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic knowledge from the Bachelor's degree course in process engineering</li> <li>• Chemical reaction engineering</li> <li>• Process and plant engineering</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Students can:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the principle of homogeneous catalysis,</li> <li>• give an overview of the versatile applications of homogeneous catalysis in industry</li> <li>• evaluate different homogeneously catalysed reactions with regard to their technical challenges and economic significance.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop concepts for the technical implementation of homogeneously catalysed reactions,</li> <li>• evaluate practical aspects of homogeneous catalysis using laboratory experiments,</li> <li>• apply the acquired knowledge to different homogeneously catalysed reactions.</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to work out the practical aspects of homogeneous catalysis on the basis of laboratory experiments, to carry out and evaluate the analytics of the products and to precisely summarise the results of the experiments in a protocol.</li> <li>• are able to independently discuss approaches to solutions and problems in the field of homogeneous catalysis in an interdisciplinary small group,</li> <li>• are able to work together in small groups on subject-specific tasks, Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to independently obtain extensive literature on the topic and to gain knowledge from it,</li> <li>• are able to independently solve tasks on the topic and assess their learning status based on the feedback given,</li> <li>• are able to independently conduct experimental studies on the topic.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2804: Homogeneous catalysis in application	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Jakob Albert
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	In the laboratory practical course, practical experiments are carried out with reference to industrial application of homogeneous catalysis. The hurdles to the technical implementation of homogeneously catalysed reactions are made clear to the students. The associated analysis of the experimental samples is also part of the laboratory practical course and is carried out and evaluated by the students themselves. The results are precisely summarised and scientifically presented in an experimental protocol.
<b>Literatur</b>	1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013 2. A. Behr, „Angewandte homogene Katalyse“, Wiley-VCH, 2008



Lehrveranstaltung L2802: Industrial homogeneous catalysis	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Maximilian Poller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to homogeneous catalysis</li> <li>• Elementary steps of catalysis</li> <li>• Homogeneous transition metal catalysis</li> <li>• Hydroformylation</li> <li>• Wacker process</li> <li>• Monsanto process</li> <li>• Shell higher olefin process (SHOP)</li> <li>• Extractive-oxidative desulphurisation (ECODS)</li> <li>• Phase transfer catalysis</li> <li>• Liquid-liquid two-phase catalysis</li> <li>• Catalyst recycling</li> <li>• Reactor concepts</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. A. Behr, „Angewandte homogene Katalyse“, Wiley-VCH, 2008</li> </ol>

Lehrveranstaltung L2803: Industrial homogeneous catalysis	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Samrin Shaikh, Dr. Maximilian Poller
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	In this exercise the contents of the lecture are further deepened and transferred into practical application. This is done using example tasks from practice, which are made available to the students. The students are to solve these tasks independently or in groups with the help of the lecture material. The solution is then discussed with students under scientific guidance, with parts of the task being presented on the blackboard.
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. A. Behr, „Angewandte homogene Katalyse“, Wiley-VCH, 2008</li> </ol>

Modul M1796: Magnetic resonance in engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Grundlagen der Magnetresonanz (L2968)		Vorlesung	3            3
Magnetresonanz in den Ingenieurwissenschaften (L2969)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Stefan Benders		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	No special previous knowledge is necessary.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	This module covers the fundamentals of nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) and magnetic resonance imaging (MRI) and their applications in engineering disciplines. The module consists of a classical lecture complemented by a problem-based learning course that includes practical hands-on experience on magnetic resonance devices. The module will be held in English.		
<i>Fertigkeiten</i>	After the successful completion of the course the students shall:  1. Understand the physical principles and practical aspects of magnetic resonance in engineering. 2. Know how to safely operate NMR and MRI systems. 3. Know how to run standard experimental sequences and how to implement more advanced sequence protocols. 4. Have an overview of the current capabilities and limits of the MR technique		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	In the problem-based course Magnetic Resonance in Engineering, the students will obtain hands-on experience on how to operate NMR spectrometers and high-field and low-field MRI systems. The course will cover safety aspects, pulse sequence design, spectral image analysis, and image reconstruction. The students will work in small groups on practical tasks on different NMR and MRI systems located at the campus of TUHH.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Through the practical character of the PBL course, the student shall improve their communication skills.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Materials Science and Engineering: Vertiefung Engineering Materials: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L2968: Fundamentals of Magnetic Resonance</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Stefan Benders
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>This lecture covers the fundamentals magnetic resonance imaging (MRI) and magnetic resonance spectroscopy (NMR). It focuses on the following topics:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The fundamentals of magnetic resonance: magnetism, magnetic fields, radiofrequency, spin, relaxation</li> <li>2. Hardware for magnetic resonance: magnets (high-field and low-field), radiofrequency coil design, magnetic field gradients</li> <li>3. NMR-Spectroscopy: chemical shift, J-Coupling, 2D NMR, solid-state, MAS</li> <li>4. Relaxometry: single-sided NMR, contrasts,</li> <li>5. Magnetic resonance imaging (MRI): gradients, coils, k-space, imaging sequences, ultrafast Imaging, parallel imaging, velocimetry, CEST</li> <li>6. Hyperpolarization techniques: DNP, p-H2, optical pumping with Xe</li> <li>7. Applications of magnetic resonance in chemical engineering</li> <li>8. Applications of magnetic resonance in material science and engineering</li> <li>9. Applications of magnetic resonance in biomedical engineering</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Stapf, S., &amp; Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8</p> <p>Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524 , doi: <a href="https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001">https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001</a></p> <p>Brown R. W., Cheng Y. N., Haacke E. M., Thompson M. R., Venkatesan R., (2014) Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953</p> <p>Haber-Pohlmeier, Sabina, Bernhard Blumich, and Luisa Ciobanu, (2022) Magnetic Resonance Microscopy: Instrumentation and Applications in Engineering, Life Science, and Energy Research. John Wiley &amp; Sons</p>

<b>Lehrveranstaltung L2969: Magnetic Resonance in Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Stefan Benders
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>In this course, the theoretical basics of magnetic resonance spectroscopy and magnetic resonance tomography are supplemented with practical experiments on the respective devices. The practical handling and operation of the equipment will be learned.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Stapf, S., &amp; Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8</p> <p>Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524, doi: <a href="https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001">https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001</a></p> <p>Brown R. W., Cheng Y. N., Haacke E. M., Thompson M. R., Venkatesan R., (2014) Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953</p>

Modul M1354: Advanced Fuels			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe (L2414)	Vorlesung	2	2
Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor (L1926)	Vorlesung	1	1
Mobilität und Klimaschutz (L2416)	Gruppenübung	2	2
Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen (L2415)	Vorlesung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Martin Kaltschmitt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden lernen innerhalb des Moduls verschiedene Bereitstellungspfade zur Herstellung von Advanced Fuels (Biokraftstoffe wie z. B. Alcohol-to-Jet; Strom-basierte Kraftstoffe wie z. B. Power-to-Liquid) kennen. Dazu werden die verschiedenen Verfahrensketten erläutert und die regulatorischen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Kraftstoffproduktion beleuchtet. Hierzu gehören beispielsweise die Anforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II sowie die Voraussetzungen und Aspekte für einen Markthochlauf dieser Kraftstoffe. Für die ganzheitliche Bewertung der verschiedenen Kraftstoffoptionen werden diese abschließend unter ökologischen und ökonomischen Faktoren betrachtet.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme des Moduls in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Kraftstoffproduktionsprozessen bzw. den entsprechenden Bereitstellungsketten</li> <li>• Umfangreiche Analyse verschiedener Kraftstoffbereitstellungsoptionen in technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht</li> </ul> <p>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Vorlesungen und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Fragestellungen und die für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte definieren.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja 20 %	Schriftliche Ausarbeitung	Details werden in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben.
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Produktion und Logistik: Wahlpflicht Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Infrastruktur und Mobilität: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2414: Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Martin Kaltschmitt
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine Übersicht über verschiedene strombasierte Kraftstoffe und deren Prozesspfade, u.a. Power-to-Liquid Prozess (Fischer-Tropsch-Synthese, Methanol Synthese), Power-to-Gas (Sabatier-Prozess)</li> <li>Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorlesungsskript</li> </ul>

Lehrveranstaltung L1926: Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Karsten Wilbrand
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine Übersicht über verschiedene Advanced Biofuels und deren Prozesspfade (u.a. Gas-to-Liquid, HEFA und Alcohol-to-Jet Prozesse)</li> <li>Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Babu, V.: Biofuels Production. Beverly, Mass: Scrivener [u.a.], 2013</li> <li>Olsson, L.: Biofuels. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007</li> <li>William, L. L.: Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5</li> <li>Perry, R.; Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 20</li> <li>Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014</li> <li>Kaltschmitt, M.; Neuling, U. (Ed.): Biokerosene - Status and Prospects; Springer, Berlin, Heidelberg, 2018</li> </ul>

Lehrveranstaltung L2416: Mobilität und Klimaschutz	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Benedikt Buchspies, Dr. Karsten Wilbrand
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Anwendung der erlernten theoretischen Kenntnisse aus den jeweiligen Vorlesungen anhand konkreter Aufgaben aus der Praxis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auslegung und Simulation von Teilprozessen der Produktionsprozesse in Aspen Plus ®</li> <li>Ökologische und ökonomische Analyse von Kraftstoffbereitstellungspfaden</li> <li>Einordnung von Fallbeispielen in geltende Regularien</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Skriptum zur Vorlesung</li> <li>Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide</li> </ul>

Lehrveranstaltung L2415: Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Benedikt Buchspies
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Gesamtheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Kraftstoffpfade mit u. a folgenden Themenschwerpunkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Kraftstoffe</li> <li>• Ökonomische Betrachtung der verschiedenen alternativen Kraftstoffe</li> <li>• Regulatorischer Rahmen alternativer Kraftstoffe</li> <li>• Zertifizierung von alternativen Kraftstoffen</li> <li>• Markteinführungsmodelle alternativer Kraftstoffe</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• European Commission - Joint Research Center (2010): International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. Joint Research Center (JRC) Institut for Environment and Sustainability, Luxembourg</li> <li>• Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen</li> </ul>

Modul M1955: Process Intensification in Process Engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik (L1978)		Vorlesung	2              2
Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik (L1715)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              4
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Process and Plant Engineering 1  Process and Plant Engineering 2  Basics in Process Engineering		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i></p> <p>Students are able to evaluate hybrid processes</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Students are able to evaluate processes with regard to their suitability as hybrid processes and to interpret them</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Students are able to apply the principles of project management for small groups.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Students are able to acquire and discuss specialized knowledge about hybrid processes.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Projektbericht inkl. PM-Dokumente und Midterm		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1978: Process Intensification in Process Engineering	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Thomas Waluga, Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Introduction to integrated and hybrid processes in chemical and biotechnological process engineering; advantages and disadvantages, process windows, differentiation criteria;  Process synthesis and process modeling  Process examples from industry and research: reactive distillation, dividing wall columns, reactive dividing wall columns, SHOP and MerOX, centrifuges, membrane-supported processes
<b>Literatur</b>	- H. Schmidt-Traub; Integrated Reaction and Separation Operations: Modelling and Experimental Validation; Springer 2006 - K. Sundmacher, A. Kienle, A. Seidel-Morgenstern; Integrated Chemical Processes: Synthesis, Operation, Analysis, and Control; Wiley-VCH 2005 - Mexandre C. Dimian (Ed); Integrated Design and Simulation of Chemical Processes; in Computer Aided Chemical Engineering, Volume 13, Pages 1-698 (2003)

<b>Lehrveranstaltung L1715: Process Intensification in Process Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Thomas Waluga, Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung



Modul M2006: Waste Treatment and Recycling			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Planung von Abfallbehandlungsanlagen (L3267)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Recyclingtechnologien und Thermische Abfallbehandlung (L3265)	Vorlesung	2	2
Recyclingtechnologien und Thermische Abfallbehandlung (L3266)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Kerstin Kuchta		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of thermo dynamics</li> <li>• Basics of fluid dynamics</li> <li>• fluid dynamics chemistry</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The students can name, describe current issue and problems in the field of waste treatment (mechanical, chemical and thermal) and contemplate them in the context of their field.</p> <p>The industrial application of unit operations as part of process engineering is explained by actual examples of waste technologies . Compostion, particle sizes, transportation and dosing of wastes are described as important unit operations .</p> <p>Students will be able to design and design waste treatment technology equipment.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to select suitable processes for the treatment of wastes or raw material with respect to their characteristics and the process aims. They can evaluate the efforts and costs for processes and select economically feasible treatment concepts.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Students can</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• respectfully work together as a team and discuss technical tasks</li> <li>• participate in subject-specific and interdisciplinary discussions,</li> <li>• develop cooperated solutions</li> <li>• promote the scientific development and accept professional constructive criticism.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students can independently tap knowledge of the subject area and transform it to new questions. They are capable, in consultation with supervisors, to assess their learning level and define further steps on this basis. Furthermore, they can define targets for new application-or research-oriented duties in accordance with the potential social, economic and cultural impact.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3267: Planning of waste treatment plants	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Rüdiger Siechau
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>The focus is on getting to know the organization and practice of waste management companies. Topics such as planning, financing and logistics will be discussed and there will be an excursion (waste incineration plant, vehicle fleet and collection systems / containers).</p> <p>Project based learning: You will be given a task to work on independently in groups of 4 to 6 students. All tools and data needed for the project work will be discussed in the lecture "Recycling Technologies and Thermal Waste Treatment". Course documents can be downloaded from StudIP. Communication during the project work also takes place via StudIP.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Abfallwirtschaft; Martin Kranert, Klaus Cord-Landwehr (Hrsg.); Vieweg + Teubner Verlag; 2010</li> <li>• PowerPoint Präsentationen in Stud IP</li> </ul>

Lehrveranstaltung L3265: Recycling technologies and thermal waste treatment	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction, actual state-of-the-art of waste incineration, aims. legal background, reaction principals</li> <li>• basics of incineration processes: waste composition, calorific value, calculation of air demand and flue gas composition</li> <li>• Incineration techniques: grate firing, ash transfer, boiler</li> <li>• Flue gas cleaning: Volume, composition, legal frame work and emission limits, dry treatment, scrubber, de-nox techniques, dioxin elimination, Mercury elimination</li> <li>• Ash treatment: Mass, quality, treatment concepts, recycling, disposal</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Thermische Abfallbehandlung Bande 1-7. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 196 - 2013.

Lehrveranstaltung L3266: Recycling technologies and thermal waste treatment	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M2019: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application (L3283)		Vorlesung	3              6
Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application (L3284)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Timm Faulwasser		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic of control engineering (stability, simple control designs), state space models in control, differential equations.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Static and dynamic optimization methods, optimal control and numerical solution methods, design and implementation of model predictive control schemes in sampled-data fashion, dissipativity notions for optimal control.		
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able to formulate and to solve problems of operation and control of technical systems on their own. The students are able to understand and to analyze the interplay of problem formulation and efficiency aspects of numerical solutions and to deduce problem-specific formulations. They know how to apply and to implement optimization methods to practical problems. Furthermore, the students can tackle complex problems of predictive control by means of abstraction, they are able to document their results in written form. The students are able to design predictive controllers for nonlinear systems and to validate them by means of simulation.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Interaction in interdisciplinary teams, meeting of project deadlines.		
<i>Selbstständigkeit</i>	<b>Compare to Fachkompetenz (Fertigkeiten)</b>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 200, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	9		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Nein      20 %	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3283: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Timm Faulwasser
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L3284: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Timm Faulwasser
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

**Fachmodule der Vertiefung Umweltverfahrenstechnik**

**Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien**

**Lehrveranstaltungen**

<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung (L0021)	Vorlesung	2	2
Energiehandel und Energiemärkte (L0019)	Vorlesung	1	1
Energiehandel und Energiemärkte (L0020)	Gruppenübung	1	1
Tiefe Geothermie (L0025)	Vorlesung	2	2

**Modulverantwortlicher** Prof. Martin Kaltschmitt

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine

**Empfohlene Vorkenntnisse**  
 Modul: Technische Thermodynamik I  
 Modul: Technische Thermodynamik II

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse**  
 Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

**Fachkompetenz**

*Wissen*  
 Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die Prozesse im Energiehandel und die Gestaltung der Energiemärkte beschreiben und kritisch in Bezug zu aktuellen Problemstellungen bewerten. Des Weiteren sind sie in der Lage die thermodynamischen Grundlagen der elektrochemischen Energiewandlung in Brennstoffzellen zu erklären und den Bezug zu verschiedenen Bauarten von Brennstoffzellen und deren jeweiligem Aufbau herzustellen und zu erläutern. Die Studierenden können diese Technologie mit weiteren Energiespeichermöglichkeiten vergleichen. Zusätzlich können die Studenten einen Überblick über die Verfahrensweise und der energetischen Einbindung von tiefer Geothermie geben.

*Fertigkeiten*  
 Die Studierenden können das erlernte Wissen zur Speicherung überschüssiger Energie anwenden, um für unterschiedlicher Energiesysteme Lösungsansätze für eine versorgungssichere Energiebereitstellung erläutern. Insbesondere können sie diesbezüglich häusliche, gewerbliche und industrielle Beheizungsanlagen unter Anwendung von Speichern energiesparend planen und berechnen, und im Bezug zu komplexen Energiesystemen beurteilen. In diesem Zusammenhang können die Studierenden die Potenziale und Grenzen von Geothermieanlagen einschätzen und deren Funktionsweise erläutern.  
 Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage die Vorgehensweisen und Strategien zur Vermarktung von Energie zu erläutern und im Kontext anderer Module auf erneuerbare Energieprojekte anwenden. In diesem Zusammenhang können die Studierenden eigenständig Analysen zur Bewertung von Energiehandel und Energiemärkten erstellen.

**Personale Kompetenzen**

*Sozialkompetenz*  
 Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren.

*Selbstständigkeit*  
 Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesungen erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen.

**Arbeitsaufwand in Stunden** Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84

**Leistungspunkte** 6

**Studienleistung** Keine

**Prüfung** Klausur

**Prüfungsdauer und -umfang** 3 Stunden

**Zuordnung zu folgenden Curricula**  
 Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht  
 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht  
 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht  
 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht  
 Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht  
 Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht  
 Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht  
 Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht  
 Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0021: Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Fröba
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die elektrochemische Energiewandlung</li> <li>2. Funktion und Aufbau von Elektrolyten</li> <li>3. Die Niedertemperatur-Brennstoffzellen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bauformen</li> <li>◦ Thermodynamik der PEM-Brennstoffzelle</li> <li>◦ Kühl- und Befeuchtungsstrategie</li> </ul> </li> <li>4. Die Hochtemperatur-Brennstoffzelle                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die MCFC</li> <li>◦ Die SOFC</li> <li>◦ Integrationsstrategien und Teilreformierung</li> </ul> </li> <li>5. Brennstoffe                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bereitstellung von Brennstoffen</li> <li>◦ Reformierung von Erdgas und Biogas</li> <li>◦ Reformierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen</li> </ul> </li> <li>6. Energetische Integration und Regelung von Brennstoffzellen-Systemen</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hamann, C.; Vielstich, W.: Elektrochemie 3. Aufl.; Weinheim: Wiley - VCH, 2003</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0019: Energiehandel und Energiemärkte	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Robert Gersdorf
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe und handelbare Produkte in Energiemärkten</li> <li>• Primärenergiemärkte</li> <li>• Strommärkte</li> <li>• Europäisches Emissionshandelssystem</li> <li>• Einfluss von Erneuerbaren Energien</li> <li>• Realoptionen</li> <li>• Risikomanagement</li> </ul> <p>Innerhalb der Übung werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p>
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L0020: Energiehandel und Energiemärkte	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Robert Gersdorf
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0025: Tiefe Geothermie</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Ben Norden
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die tiefe geothermische Nutzung</li> <li>2. Geologische Grundlagen I</li> <li>3. Geologische Grundlagen II</li> <li>4. Geologisch-thermische Aspekte</li> <li>5. Gesteinsphysikalische Aspekte</li> <li>6. Geochemische Aspekte</li> <li>7. Exploration tiefer geothermischer Reservoirs</li> <li>8. Bohrungstechnologien, Verrohrung und Ausbau</li> <li>9. Bohrlochgeophysik</li> <li>10. Untertägige Systemcharakterisierung und Reservoirengineering</li> <li>11. Mikrobiologie und Obertägige Systemkomponenten</li> <li>12. Angepasste Anlagenkonzepte, Kosten und Umweltaspekt</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dipippo, R.: Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. Butterworth Heinemann; 3rd revised edition. (29. Mai 2012)</li> <li>• www.geo-energy.org</li> <li>• Edenhofer et al. (eds): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation; Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2012.</li> <li>• Kaltschmitt et al. (eds): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer, 5. Aufl. 2013.</li> <li>• Kaltschmitt et al. (eds): Energie aus Erdwärme. Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 1999 (3. September 2001)</li> <li>• Huenges, E. (ed.): Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization. Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA; Auflage: 1. Auflage (19. April 2010)</li> </ul>

Modul M0874: Abwassersysteme			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Biologische Abwasserreinigung (L0517)	Vorlesung	2	2
Biologische Abwasserreinigung (L3122)	Hörsaalübung	1	1
Physikalische und chemische Abwasserbehandlung (L0357)	Vorlesung	2	2
Physikalische und chemische Abwasserbehandlung (L0358)	Hörsaalübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Joachim Behrendt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnis abwasserwasserwirtschaftlicher Maßnahmenfelder sowie der zentralen Prozesse der Abwasserwasseraufbereitung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die ganze Breite der Anlagentechniken bei siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen und deren gegenseitige Abhängigkeit für einen nachhaltigen Gewässerschutz beschreiben. Sie können relevante ökonomische, ökologische und soziale Aspekte wiedergeben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende können verfügbare Abwasseraufbereitungsverfahren in der Breite der Anwendungen für Vorentwürfe auslegen und erklären, sowohl für kommunale als auch für einige industrielle Anlagen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Im Rahmen dieses Moduls werden Sozialkompetenzen nicht gezielt angesprochen.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage selbstständig und planvoll ein Thema zu erarbeiten und dieses zu präsentieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Pflicht		

Lehrveranstaltung L0517: Biologische Abwasserreinigung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Charakterisierung von Abwasser Stoffwechseltypen von Mikroorganismen Kinetik biologischer Stoffumwandlung Berechnung von Bioreaktoren zur Abwasserreinigung Konzepte in der biologischen Abwasserreinigung Design WWTP Exkursion zur Kläranlage Seevetal Klüsing Biofilme Biofilmreaktoren Anaerobe Verfahren Ressourcen orientierte Sanitärtechnik Zukünftige Herausforderungen in der Abwasserforschung
<b>Literatur</b>	<b>Gujer, Willi</b> Siedlungswasserwirtschaft : mit 84 Tabellen ISBN: 3540343296 (Gb.) URL: <a href="http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf">http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf</a> URL: <a href="http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm">http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm</a> Berlin [u.a.] : Springer, 2007 TUB_HH_Katalog <b>Henze, Mogens</b> Wastewater treatment : biological and chemical processes

ISBN: 3540422285 (Pp.)  
 Berlin [u.a.] : Springer, 2002  
 TUB\_HH\_Katalog

**Imhoff, Karl** (Imhoff, Klaus R.;)  
 Taschenbuch der Stadtentwässerung : mit 10 Tafeln  
 ISBN: 3486263331 ((Gb.))  
 München [u.a.] : Oldenbourg, 1999  
 TUB\_HH\_Katalog

**Lange, Jörg** (Otterpohl, Ralf; Steger-Hartmann, Thomas;)  
 Abwasser : Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft  
 ISBN: 3980350215 (kart.) URL: <http://www.gbv.de/du/services/agi/52567E5D44DA0809C12570220050BF25/000000700334>  
 Donaueschingen-Pföhren : Mall-Beton-Verl., 2000  
 TUB\_HH\_Katalog

**Mudrack, Klaus** (Kunst, Sabine;)  
 Biologie der Abwasserreinigung : 18 Tabellen  
 ISBN: 382741427X URL: <http://www.gbv.de/du/services/agi/94B581161B6EC747C1256E3F005A8143/420000114903>  
 Heidelberg [u.a.] : Spektrum, Akad. Verl., 2003  
 TUB\_HH\_Katalog

**Tchobanoglous, George** (Metcalf & Eddy, Inc., ;)  
 Wastewater engineering : treatment and reuse  
 ISBN: 0070418780 (alk. paper) ISBN: 0071122508 (ISE (\*pbk))  
 Boston [u.a.] : McGraw-Hill, 2003  
 TUB\_HH\_Katalog

**Henze, Mogens**  
 Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3  
 ISBN: 1900222248  
 London : IWA Publ., 2002  
 TUB\_HH\_Katalog

**Kunz, Peter**  
 Umwelt-Bioverfahrenstechnik  
 Vieweg, 1992

**Bauhaus-Universität., Arbeitsgruppe Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt** (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, ;)  
 Abwasserbehandlung : Gewässerbelastung, Bemessungsgrundlagen, Mechanische Verfahren, Biologische Verfahren, Reststoffe aus der Abwasserbehandlung, Kleinkläranlagen  
 ISBN: 3860682725 URL: [http://www.gbv.de/dms/weimar/toc/513989765\\_toc.pdf](http://www.gbv.de/dms/weimar/toc/513989765_toc.pdf) URL:  
[http://www.gbv.de/dms/weimar/abs/513989765\\_abs.pdf](http://www.gbv.de/dms/weimar/abs/513989765_abs.pdf)  
 Weimar : Universitätsverl, 2006  
 TUB\_HH\_Katalog

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall**  
 DWA-Regelwerk  
 Hennef : DWA, 2004  
 TUB\_HH\_Katalog

**Wiesmann, Udo** (Choi, In Su; Dombrowski, Eva-Maria;)  
 Fundamentals of biological wastewater treatment  
 ISBN: 3527312196 (Gb.) URL: [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm)  
 Weinheim : WILEY-VCH, 2007  
 TUB\_HH\_Katalog

Lehrveranstaltung L3122: Biologische Abwasserreinigung	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung



<b>Lehrveranstaltung L0357: Advanced Wastewater Treatment</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Survey on advanced wastewater treatment</p> <p>reuse of reclaimed municipal wastewater</p> <p>Precipitation</p> <p>Flocculation</p> <p>Depth filtration</p> <p>Membrane Processes</p> <p>Activated carbon adsorption</p> <p>Ozonation</p> <p>"Advanced Oxidation Processes"</p> <p>Disinfection</p>
<b>Literatur</b>	<p>Metcalf &amp; Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Boston 2003</p> <p>Wassertechnologie, H.H. Hahn, Springer-Verlag, Berlin 1987</p> <p>Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, T. Melin und R. Rautenbach, Springer-Verlag, Berlin 2007</p> <p>Trinkwasserdesinfektion: Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung, W. Roeske, Oldenbourg-Verlag, München 2006</p> <p>Organische Problemstoffe in Abwässern, H. Gulyas, GFEU, Hamburg 2003</p>

<b>Lehrveranstaltung L0358: Advanced Wastewater Treatment</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Aggregate organic compounds (sum parameters)</p> <p>Industrial wastewater</p> <p>Processes for industrial wastewater treatment</p> <p>Precipitation</p> <p>Flocculation</p> <p>Activated carbon adsorption</p> <p>Recalcitrant organic compounds</p>
<b>Literatur</b>	<p>Metcalf &amp; Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Boston 2003</p> <p>Wassertechnologie, H.H. Hahn, Springer-Verlag, Berlin 1987</p> <p>Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, T. Melin und R. Rautenbach, Springer-Verlag, Berlin 2007</p> <p>Trinkwasserdesinfektion: Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung, W. Roeske, Oldenbourg-Verlag, München 2006</p> <p>Organische Problemstoffe in Abwässern, H. Gulyas, GFEU, Hamburg 2003</p>

Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Entwurf von ökologischen Dörfern - Wasser, Energie, Boden und Nahrungsmittelnexus (L1229)		Seminar	2
Wasser- & Abwassersysteme im globalen Kontext (L0939)		Vorlesung	4
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Ralf Otterpohl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of the global situation with rising poverty, soil degradation, migration to cities, lack of water resources and sanitation		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Students can describe the facets of the global water situation. Students can judge the enormous potential of the implementation of synergistic systems in Water, Soil, Food and Energy supply.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to design ecological settlements for different geographic and socio-economic conditions for the main climates around the world.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	The students are able to develop a specific topic in a team and to work out milestones according to a given plan.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are in a position to work on a subject and to organize their work flow independently. They can also present on this subject.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Semesterbegleitend werden Meilensteine erarbeitet, vorgetragen und schriftlich festgehalten. Genaueres findet man ab jeweiligem Semesterbeginn im Stud Ip Kurs im herunterladbarem Modulhandbuch.		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Environmental Engineering: Kernqualifikation: Wahlpflicht Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1229: Ecological Town Design - Water, Energy, Soil and Food Nexus	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Otterpohl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participants Workshop: Design of the most attractive productive Town</li> <li>• Keynote lecture and video</li> <li>• The limits of Urbanization / Green Cities</li> <li>• The tragedy of the Rural: Soil degradation, agro chemical toxification, migration to cities</li> <li>• Global Ecovillage Network: Upsides and Downsides around the World</li> <li>• Visit of an Ecovillage</li> <li>• Participants Workshop: Resources for thriving rural areas, Short presentations by participants, video competition</li> <li>• TUHH Rural Development Toolbox</li> <li>• Integrated New Town Development</li> <li>• Participants workshop: Design of New Towns: Northern, Arid and Tropical cases</li> <li>• Outreach: Participants campaign</li> <li>• City with the Rural: Resilience, quality of live and productive biodiversity</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ralf Otterpohl 2013: Gründer-Gruppen als Lebensentwurf: "Synergistische Wertschöpfung in erweiterten Kleinstadt- und Dorfstrukturen", in „Regionales Zukunftsmanagement Band 7: Existenzgründung unter regionalökonomischer Perspektive, Pabst Publisher, Lengerich</li> <li>• <a href="http://youtu.be/9hmkgN0nBgk">http://youtu.be/9hmkgN0nBgk</a> (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation)</li> <li>• TEDx New Town Ralf Otterpohl: <a href="http://youtu.be/_M0J2u9BrbU">http://youtu.be/_M0J2u9BrbU</a></li> </ul>

Lehrveranstaltung L0939: Water & Wastewater Systems in a Global Context	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Otterpohl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keynote lecture and video</li> <li>• Water &amp; Soil: Water availability as a consequence of healthy soils</li> <li>• Water and it's utilization, Integrated Urban Water Management</li> <li>• Water &amp; Energy, lecture and panel discussion pro and con for a specific big dam project</li> <li>• Rainwater Harvesting on Catchment level, Holistic Planned Grazing, Multi-Use-Reforestation</li> <li>• Sanitation and Reuse of water, nutrients and soil conditioners, Conventional and Innovative Approaches</li> <li>• Why are there excreta in water? Public Health, Awareness Campaigns</li> <li>• Rehearsal session, Q&amp;A</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montgomery, David R. 2007: Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press</li> <li>• Liu, John D.: <a href="http://eempc.org/hope-in-a-changing_climate/">http://eempc.org/hope-in-a-changing_climate/</a> (Integrated regeneration of the Loess Plateau, China, and sites in Ethiopia and Rwanda)</li> <li>• <a href="http://youtu.be/9hmkg0nBgk">http://youtu.be/9hmkg0nBgk</a> (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation)</li> </ul>

Modul M0512: Solarenergienutzung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Energiemeteorologie (L0016)	Vorlesung	1	1
Energiemeteorologie (L0017)	Gruppenübung	1	1
Kollektortechnik (L0018)	Vorlesung	2	2
Solare Stromerzeugung (L0015)	Vorlesung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Martin Kaltschmitt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	keine		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden sich fachliche mit Grundlagen und mit aktuellen Fragen und Problemen aus dem Gebiet der Solarenergienutzung auseinandersetzen und diese unter Einbeziehung vorheriger Lehrinhalte und aktueller Problematiken erläutern und kritisch Stellung dazu beziehen. Sie können insbesondere die Prozesse innerhalb einer Solarzelle fachlich beschreiben und die Besonderheiten bei der Anwendung von Solarmodulen erläutern. Des Weiteren können sie einen Überblick über die Kollektortechnik in solarthermischen Anlagen geben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten Grundlagen auf beispielhafte solarstrahlungsnutzende Energiesysteme anwenden und in diesem Zusammenhang unter anderem Potenziale und Grenzen solarer Energieerzeugungsanlagen für verschiedene geografische Bedingungen einschätzen und beurteilen. Sie sind in der Lage unter gegebenen Randbedingungen solare Energieerzeugungsanlagen technisch effizient zu dimensionieren und mit der Nutzung modulübergreifendes Wissens ökonomisch und ökologisch zu beurteilen. Dafür notwendige Berechnungsmethoden innerhalb der Strahlungslehre können sie auswählen und aufgabenspezifisch anwenden.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können sich selbstständig Quellen auf Basis der Vorlesungsschwerpunkte über das Fachgebiet erschließen und Wissen aneignen. Des Weiteren können die Studierenden angeleitet durch Lehrende eigenständig Berechnungsmethoden zur Potenzialanalyse und technischen Auslegung von solaren Energiesystemen durchführen und auf dieser Basis Ihren jeweiligen Lernstand einschätzen und eventuell weitere Arbeitsschritte definieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Ja	20 %	Schriftliche Ausarbeitung      Ausarbeitung Kollektortechnik
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	180 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0016: Energiemeteorologie	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Volker Matthias, Dr. Beate Geyer
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Strahlungsquelle Sonne, Astronomische Grundlagen, Grundlagen der Strahlung</li> <li>• Aufbau der Atmosphäre</li> <li>• Eigenschaften und Gesetze von Strahlung                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Polarisation</li> <li>◦ Strahlungsgrößen</li> <li>◦ Plancksches Strahlungsgesetz</li> <li>◦ Wiensches Verschiebungsgesetz</li> <li>◦ Stefan-Boltzmann Gesetz</li> <li>◦ Das Kirchhoffsche Gesetz</li> <li>◦ Helligkeitstemperatur</li> <li>◦ Absorption, Reflexion, Transmission</li> </ul> </li> <li>• Strahlungsbilanz, Globalstrahlung, Energiebilanz</li> <li>• Atmosphärische Extinktion</li> <li>• Mie- und Rayleigh-Streuung</li> <li>• Strahlungstransfer</li> <li>• Optische Effekte in der Atmosphäre</li> <li>• Berechnung Sonnenstand und Berechnung Strahlung auf geneigte Flächen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Helmut Kraus: Die Atmosphäre der Erde</li> <li>• Hans Häckel: Meteorologie</li> <li>• Grant W. Petty: A First Course in Atmospheric Radiation</li> <li>• Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese: Renewable Energy</li> <li>• Alexander Löw, Volker Matthias: Skript Optik Strahlung Fernerkundung</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0017: Energiemeteorologie	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Beate Geyer
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0018: Kolleorttechnik</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Agis Papadopoulos
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Energiebedarf und Anwendung der Sonnenenergie.</li> <li>• Wärmeübertragung in der Solarthermie: Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung.</li> <li>• Kollektoren: Arten, Aufbau, Wirkungsgrad, Dimensionierung, konzentrierende Systeme.</li> <li>• Energiespeicher: Anforderungen, Arten.</li> <li>• Passive Sonnenenergienutzung: Komponenten und Systeme.</li> <li>• Solarthermische Niedertemperatursysteme: Kollektorvarianten, Aufbau, Berechnung.</li> <li>• Solarthermische Hochtemperatursysteme: Klassifizierung von Solarkraftwerke, Aufbau.</li> <li>• Solare Klimatisierung.</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript.</li> <li>• Kaltschmitt, Streicher und Wiese (Hrsg.). Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 5. Auflage, Springer, 2013.</li> <li>• Stieglitz und Heinzel .Thermische Solarenergie: Grundlagen, Technologie, Anwendungen. Springer, 2012.</li> <li>• Von Böckh und Wetzel. Wärmeübertragung: Grundlagen und Praxis, Springer, 2011.</li> <li>• Baehr und Stephan. Wärme- und Stoffübertragung. Springer, 2009.</li> <li>• de Vos. Thermodynamics of solar energy conversion. Wiley-VCH, 2008.</li> <li>• Mohr, Svoboda und Unger. Praxis solarthermischer Kraftwerke. Springer, 1999.</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0015: Solare Stromerzeugung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Martin Schlecht, Prof. Alf Mews, Roman Fritsches-Baguhl
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Photovoltaik:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung</li> <li>2. Primärenergien und Verbrauch, verfügbare Sonnenenergie</li> <li>3. Physik der idealen Solarzelle</li> <li>4. Lichtabsorption, PN-Übergang, charakteristische Größen der Solarzelle, Wirkungsgrad</li> <li>5. Physik der realen Solarzelle</li> <li>6. Ladungsträgerrekombination, Kennlinien, Sperrschichtrekombination, Ersatzschaltbild</li> <li>7. Erhöhung der Effizienz</li> <li>8. Methoden zur Erhöhung der Quantenausbeute und Verringerung der Rekombination</li> <li>9. Hetero- und Tandemstrukturen</li> <li>10. Hetero-Übergang, Schottky-, elektrochemische, MIS- und SIS-Zelle, Tandem-Zelle</li> <li>11. Konzentratorzellen</li> <li>12. Konzentrator-Optiken und Nachführsysteme, Konzentratorzellen</li> <li>13. Technologie und Eigenschaften: Solarzellentypen, Herstellung, einkristallines Silizium und Galliumarsenid, polykristalline Silizium- und Silizium-Dünnschichtzellen, Dünnschichtzellen auf Trägern (amorphes Silizium, CIS, elektrochemische Zellen)</li> <li>14. Module</li> <li>15. Schaltungen</li> </ol> <p>Konzentrierende Solarkraftwerke:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung</li> <li>2. Punkt-fokussierte Technologien</li> <li>3. Linien-fokussierte Technologien</li> <li>4. Auslegung CSP-Projekte</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Götzberger, B. Voß, J. Knobloch: Sonnenenergie: Photovoltaik, Teubner Studienskripten, Stuttgart, 1995</li> <li>• A. Götzberger: Sonnenenergie: Photovoltaik : Physik und Technologie der Solarzelle, Teubner Stuttgart, 1994</li> <li>• H.-J. Lewerenz, H. Jungblut: Photovoltaik, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1995</li> <li>• A. Götzberger: Photovoltaic solar energy generation, Springer, Berlin, 2005</li> <li>• C. Hu, R. M. White: Solar Cells, Mc Graw Hill, New York, 1983</li> <li>• H.-G. Wagemann: Grundlagen der photovoltaischen Energiewandlung: Solarstrahlung, Halbleitereigenschaften und Solarzellenkonzepte, Teubner, Stuttgart, 1994</li> <li>• R. J. van Overstraeten, R.P. Mertens: Physics, technology and use of photovoltaics, Adam Hilger Ltd, Bristol and Boston, 1986</li> <li>• B. O. Seraphin: Solar energy conversion Topics of applied physics V 01 31, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1995</li> <li>• P. Würfel: Physics of Solar cells, Principles and new concepts, Wiley-VCH, Weinheim 2005</li> <li>• U. Rindelhardt: Photovoltaische Stromversorgung, Teubner-Reihe Umwelt, Stuttgart 2001</li> <li>• V. Quaschnig: Regenerative Energiesysteme, Hanser, München, 2003</li> <li>• G. Schmitz: Regenerative Energien, Ringvorlesung TU Hamburg-Harburg 1994/95, Institut für Energietechnik</li> </ul>

Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Bioraffinerien - Technische Auslegung und Optimierung (L1832)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3              3
CAPE bei Energieprojekten (L0022)		Projektierungskurs	3              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Martin Kaltschmitt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können nach der Teilnahme an der Veranstaltung einen verfahrenstechnischen Prozess umfassend auslegen. Dazu gehören die Erstellung von Massen- und Energiebilanzen, die Auslegung verfahrenstechnischer Apparate, die Festlegung von Messtechniken und Regelkreisen für die einzelnen Apparate sowie die Modellierung des Gesamtprozesses.</p> <p>Des Weiteren können sie die Grundlagen zur allgemeinen Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben, insbesondere mit ASPEN PLUS® und ASPEN CUSTOM MODELER® beschreiben.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Produktionsprozessen</li> <li>• auch bei unvollständiger Information in der zu bearbeitenden Aufgabe alternative Eingangsparameter abzuwägen,</li> <li>• die Arbeitsergebnisse durch Ausarbeitung einer schriftlichen Arbeit, durch die Präsentation eines Vortrags und der Verteidigung der Inhalte systematische zu dokumentieren.</li> </ul> <p>Sie können die ASPEN PLUS ® and ASPEN CUSTOM MODELER ® zur Modellierung energetischer Systeme anwenden und die Simulationslösung bewerten.</p> <p>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Seminare und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• im Team von circa 2-3 Personen zusammenarbeiten,</li> <li>• wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung von Prozessen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln,</li> <li>• ihre eigenen Arbeitsergebnisse vor Kommiliton*innen vertreten und</li> </ul> <p>die Leistungen der Kommiliton*innen im Vergleich zu Ihrer eigenen Leistung einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und dieser Basis weitere Fragestellungen und für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte zu definieren.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Schriftliche Ausarbeitung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Schriftliche Ausarbeitung inkl. Vortrag		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		



Lehrveranstaltung L1832: Bioraffinerien - Technische Auslegung und Optimierung	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Oliver Lüdtkke
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <p>Prozess- und Anlagentechnik I und II</p> <p>Thermische Grundoperationen</p> <p>Wärme- und Stoffübertragung</p> <p>Strömungsmechanik I und II</p> <p><b>I. Wiederholung Grundlagen:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rohrbündel Wärmeübertrager</li> <li>2. Dampfkessel und Kältemaschinen</li> <li>3. Pumpen und Turbinen</li> <li>4. Strömung in Rohrleitungssystemen</li> <li>5. Pumpen und Mischen nicht-newtonscher Fluide</li> <li>6. Anforderungen eines detaillierten Anlagen-Aufstellungsplans</li> </ol> <p><b>II. Selbstständiges Rechnen:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Das Planen und Auslegen eines spezifischen Anlagenteils einer Bioraffinerie in Gruppenarbeit (z.B. Ethanoldestillation oder Fermentation) auf Basis realistischer Annahmen aus der Industrie. <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Massen- &amp; Energiebilanzen (Aspen)</li> <li>◦ Spezifische Apparate Auslegung (Wärmetauscher/Pumpen/Behälter/Rohre etc.)</li> <li>◦ Isolierungen, Wanddicken und Behälter Material</li> <li>◦ Energie-, Dampf-, Kühlbedarf</li> <li>◦ Armaturen und Messinstrumente sowie Sicherheitseinrichtungen</li> <li>◦ Vorgabe der Hauptregelkreise</li> </ul> </li> <li>2. Dabei wird der Zusammenhang und die Abhängigkeiten verschiedener Phänomene deutlich und die Beschreibung des Prozesses erfolgt anhand einer tatsächlich existierenden Anlage.</li> <li>3. Im Detail Engineering wird besonders auf Aspekte der Anlagenplanung eingegangen, die bei der realen Umsetzung zur Konstruktion entscheidend sind. So kann ein hoher Detailgrad erreicht werden mit dem es möglich ist einen Aufstellungsplan zu konzipieren.</li> <li>4. Je nach Zeitbedarf und Gruppengröße werden auch Kostenabschätzung und die Erstellung eines ausführlichen R&amp;I Fließbildes betrachtet</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Perry, R.;Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Professional, 2007</p> <p>Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014</p>

Lehrveranstaltung L0022: CAPE bei Energieprojekten	
<b>Typ</b>	Projektierungskurs
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Martin Kaltschmitt
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CAPE = <i>Computer-Aided-Project-Engineering</i></li> <li>• EINFÜHRUNG IN DIE THEORIE               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Klassen von Simulationsprogrammen</li> <li>◦ Sequentiell-modularer Ansatz</li> <li>◦ Gleichungsorientierter Ansatz</li> <li>◦ Simultan-modularer Ansatz</li> <li>◦ Allgemeine Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben</li> <li>◦ Spezielle Vorgehensweise zur Lösung von Modellen mit Rückführungen</li> </ul> </li> <li>• COMPUTER-ÜBUNGEN <b>zu erneuerbaren Energieprojekten</b> MIT ASPEN PLUS® UND ASPEN CUSTOM MODELER®               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Anwendungsbereich, Potential und Grenzen von Aspen Plus® und Aspen Custom Modeler®</li> <li>◦ Benutzung der integrierten Datenbanken für Stoffdaten</li> <li>◦ Methoden zur Abschätzung nicht vorhandener physikalischer Stoffdaten</li> <li>◦ Benutzung der Modellbibliotheken und Prozesssynthese</li> <li>◦ Anwendung von Design-Spezifikationen und Sensitivitätsanalysen</li> <li>◦ Lösung von Optimierungsproblemen</li> </ul> </li> </ul> <p>Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide</li> <li>• William L. Luyben; Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5</li> </ul>

Modul M1287: Risikomanagement, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Angewandte Brennstoffzellentechnologie (L1831)		Vorlesung	2            2
Risikomanagement in der Energiewirtschaft (L1748)		Vorlesung	2            2
Wasserstofftechnik (L0060)		Vorlesung	2            2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Martin Kaltschmitt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Keine		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden die Grundlagen des Risikomanagements unter Einbeziehung fachangrenzender Kontexte erläutern und die optimale Nutzung von Energiesystemen beschreiben.  Des Weiteren können die Studierenden solide theoretische Kenntnisse über die Potenziale und Anwendungen neuer Informationstechnologien in der Logistik wiedergeben und fachangrenzende Aspekte der Nutzung, Herstellung und Aufbereitung von Wasserstoff erläutern.		
<i>Fertigkeiten</i>	Mit Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage Risiken von Energiesysteme unter energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu bewerten. Die beinhaltet auch, dass die Studierenden unter anderem in der Lage sind Risiken in der Einsatzplanung von Kraftwerkparcs aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht zu beurteilen.  In diesem Zusammenhang können die Studierenden auch die Potenziale von Logistik- und Informationstechnologie insbesondere auf energetische Problemstellungen einschätzen.  Zusätzlich sind die Studierenden in der Lage den Energieträger Wasserstoff auf seine Anwendungsmöglichkeiten, die gegebene Sicherheit und bezüglich der vorhandenen Nutzungspotenziale und -grenzen zu beschreiben und aus technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht zu beurteilen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesungen erschließen und sich das enthaltene Wissen aneignen. Auf diese Weise erkennen sich eigenständig Schwächen innerhalb ihres Leistungsstandes.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	3 Stunden Klausur		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1831: Angewandte Brennstoffzellentechnologie	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Klaus Bonhoff
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Die Vorlesung gibt einen Einblick in die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von Brennstoffzellen im Energiesystem (Strom, Wärme und Verkehr). Dazu werden für einzelne Brennstoffzellentypen und anwendungsorientierten Anforderungsprofile dargestellt und diskutiert; auch im Systemvergleich mit alternativen Technologien. Für die einzelnen Varianten wird der aktuelle Stand der Technologie mit Praxisbeispielen aus Deutschland und weltweit vorgestellt. Auch wird auf die sich abzeichnenden Entwicklungstendenzen und Entwicklungslinien - und die in den kommenden Jahren zu erwartenden Technologien - eingegangen. Neben den technischen Aspekten, die den Schwerpunkt der Veranstaltung darstellen, werden auch energie-, umwelt- und industriepolitische Aspekte - auch im Kontext der sich verändernden Gegebenheiten im deutschen und internationalen Energiesystem - diskutiert.  Thema Einführung in die Brennstoffzellentechnologie  Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachhaltiges Energiesystem (Ausbau erneuerbarer Energien, Dezentralisierung, ...)</li> <li>• Sektorkopplung (Strom, Wärme, Verkehr)</li> <li>• Politischer Rahmen (Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, ...)</li> <li>• Regulativer Rahmen (EU-Richtlinien, Nationale Gesetzgebung)</li> </ul>

	<p>Technische Grundlagen von Brennstoffzellensystemen</p> <p>Brennstoffzellen-Pkw</p> <p>Wasserstoffinfrastruktur für Brennstoffzellen-Pkw</p> <p>Brennstoffzellenbusse</p> <p>Brennstoffzellen für die Schiene</p> <p>Brennstoffzellen auf Schiffen und in der Luftfahrt</p> <p>Stationäre Brennstoffzellen in der Hausenergieversorgung</p> <p>Kraft-Wärme-Kopplung in stationären Brennstoffzellen in gewerblichen und industriellen Anwendungen</p> <p>Brennstoffzellen in der Logistik und für die Stromversorgung für kritische Infrastrukturen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorteile der Brennstoffzelle (Systemwirkungsgrad, Emissionen, ...)</li> <li>• Innovationsprozess / Einordnung BZ</li> <li>• Anwendungsfelder für Brennstoffzellensysteme (Verkehr: Pkw, Busse (ÖPNV), Schiene; stationär: Hausenergieversorgung, KWK Industrie/Gewerbe; Spezielle Märkte: Logistikanwendungen (Gabelstapler, Flughäfen, ...), Stromversorgung für kritische Infrastrukturen (Behördenfunk, Telekommunikation, autarke Energiesysteme, ...)</li> <li>• Einordnung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen (Hochtemperatur-, Niedertemperaturbrennstoffzellen)</li> <li>• Anwendungsspezifische Systemanforderungen</li> <li>• Historie</li> <li>• Status Quo (Systemkonzepte, Speichertechnologien, ...)</li> <li>• Internationaler Vergleich (Automobilindustrie, Politik, ...)</li> <li>• Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen</li> <li>• Tankstellentechnologie</li> <li>• Ausbau von Tankstellennetzwerken (D, EU, weltweit)</li> <li>• Wasserstoff aus erneuerbaren Energien</li> <li>• Alternativen für emissionsfreien ÖPNV</li> <li>• Anbieter</li> <li>• Anforderungen für Busbetreiber (Infrastruktur, Werkstätten, ...)</li> <li>• Status Quo/Perspektiven</li> <li>• Nicht-elektrifizierte Nebenstrecken in Deutschland</li> <li>• Aktuelle Aktivitäten</li> <li>• Perspektiven</li> <li>• Rahmenbedingungen für die maritime Wirtschaft</li> <li>• Kraftstoffe für Schiffsanwendungen</li> <li>• Anforderungen und Systemkonfigurationen für Schiffe</li> <li>• Systemvergleich (Strom und Wärme separat)</li> <li>• Status Quo</li> <li>• Markteinführung</li> <li>• Systemvergleich (Strom und Wärme separat)</li> <li>• Status Quo</li> <li>• Gabelstapler</li> <li>• Anwendungsbeispiel Flughafen</li> <li>• Back-up Power / Notstromversorgung (Telekommunikation, Behördenfunk, ...)</li> <li>• Autarke Energiesysteme (Inselstromversorgung, ...)</li> </ul>
<p><b>Literatur</b></p>	<p>Vorlesungsunterlagen</p>	

<b>Lehrveranstaltung L1748: Risikomanagement in der Energiewirtschaft</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Christian Wulf
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des Risikomanagements                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Begriffsdefinition</li> <li>◦ Risikoarten</li> <li>◦ Riskomanagementprozess</li> <li>◦ Enterprise Risk Management</li> </ul> </li> <li>• Märkte und Instrumente im Energiehandel                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Termin- und Spotkontrakte</li> <li>◦ Notierungen an Energiemärkten</li> <li>◦ Optionen</li> </ul> </li> <li>• Kennzahlendefinition                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bewertung von Marktrisiken</li> <li>◦ Bewertung von Adressrisiken</li> <li>◦ Bewertung von operationellen Risiken</li> <li>◦ Bewertung von Liquiditätsrisiken</li> </ul> </li> <li>• Risikomonitoring- und Reporting</li> <li>• Risikobehandlung</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roggi, O. (2012): Risk Taking: A Corporate Governance Perspective, International Finance Corporation, New York</li> <li>• Hull, J. C. (2012): Options, Futures, and other Derivatives, 8. Auflage, Pearson Verlag, New York</li> <li>• Albrecht, P.; Maurer, R. (2008): Investment- und Risikomanagement, 3. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart</li> <li>• Rittenberg, L.; Martens, F. (2012): Understanding and Communicating Risk Appetite, Treadway Commission, Durham</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0060: Wasserstofftechnik</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Julian Jepsen
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Energiewirtschaft</li> <li>2. Wasserstoffwirtschaft</li> <li>3. Vorkommen und Eigenschaften von Wasserstoff</li> <li>4. Herstellung von Wasserstoff (aus Kohlenwasserstoffen und durch Elektrolyse)</li> <li>5. Trennung und Reinigung</li> <li>6. Speicherung und Transport von Wasserstoff</li> <li>7. Sicherheit</li> <li>8. Brennstoffzellen</li> <li>9. Projekte</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skriptum zur Vorlesung</li> <li>• Winter, Nitsch: Wasserstoff als Energieträger</li> <li>• Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry</li> <li>• Kirk, Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology</li> <li>• Larminie, Dicks: Fuel cell systems explained</li> </ul>

Modul M0952: Industrielle Bioprosesstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse (L1065)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              3
Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis (L1172)		Seminar	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Anna-Lena Heins		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik oder Verfahrenstechnik auf Bachelorniveau		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls		
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Studierenden den aktuellen Stand der Forschung zum jeweils diskutierten Themengebiet wiedergeben</li> <li>• können die Studierenden die grundlegenden Prinzipien des jeweils bearbeiteten biotechnologischen Produktionsprozesse benennen</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• aktuelle Forschungsansätze zu analysieren und zu bewerten</li> <li>• biotechnologische Produktionsprozesse grundsätzlich auszulegen</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden sind in der Lage, gemeinsam im Team mit mehreren Studierenden vorgegebene Aufgaben zu lösen und ihre Arbeitsergebnisse im Plenum zu diskutieren und zu verteidigen.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Nach Abschluss des Moduls sind die Teilnehmer*innen in der Lage, sich eigenständig in Teams von etwa 8-12 Personen zu organisieren, um die Lösung für ein komplexes technisches Problem selbstständig zu erarbeiten und zu präsentieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vortrag + Diskussion (45 min) + Schriftliche Ausarbeitung (10 Seiten),		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprosesstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1065: Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Wilfried Blümke
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>In dieser Lehrveranstaltung wird ein Überblick über die wichtigsten biotechnologischen Produktionsprozesse gegeben. Neben den einzelnen Verfahren und deren spezifischen Anforderungen werden auch übergreifende Aspekte der industriellen Realität adressiert wie z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asset Lifecycle</li> <li>• Digitalisierung in der Bioprozess-Industrie</li> <li>• Grundprinzipien der industriellen Bioverfahrensentwicklung</li> <li>• Nachhaltigkeits-Aspekte bei der Entwicklung bioverfahrenstechnischer Prozesse</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p>

<b>Lehrveranstaltung L1172: Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Stephan Freyer
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Diese Lehrveranstaltung gibt einen Einblick in die Methodik bei der Entwicklung von Prozessen der Industriellen Biotechnologie. Wichtige Teilaspekte hierbei sind beispielweise die Entwicklung der Fermentation und der Aufarbeitungsschritte zum jeweiligen Zielmolekül, die Integration der Teilschritte zu einem Gesamtverfahren sowie die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p>

Modul M1737: Power-to-X Verfahren			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Power-to-X Verfahren (L2805)	Vorlesung	2	2
Power-to-X Verfahren (L2806)	Hörsaalübung	1	2
Praktische Aspekte der Energieumwandlung (L2807)	Laborpraktikum	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Jakob Albert		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse aus dem Bachelor-Studium Verfahrenstechnik</li> <li>• Chemische Reaktionstechnik</li> <li>• Prozess- und Anlagentechnik</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Energiewende in Deutschland erläutern,</li> <li>• einen Überblick über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der Power-to-X Verfahren geben,</li> <li>• verschiedene Power-to-X Konzepte im Hinblick auf ihre technischen Herausforderungen und den gesellschaftlichen Nutzen bewerten.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte zur technischen Umsetzung von Power-to-X Verfahren zu entwickeln,</li> <li>• praktische Aspekte der Energieumwandlung zu Plattformchemikalien anhand labortechnischer Experimente zu bewerten,</li> <li>• das erlernte Wissen auf verschiedene ingenieurwissenschaftlich relevante Power-to-X Verfahren anzuwenden.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, selbstständig in einer interdisziplinären Kleingruppe Lösungsansätze und Probleme im Bereich der Energiewende in Deutschland zu diskutieren,</li> <li>• können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten,</li> <li>• sind in der Lage, anhand von labortechnischen Experimenten die praktischen Aspekte der Energieumwandlung zu Plattformchemikalien zu erarbeiten, die Analytik der Produkte durchzuführen und zu bewerten sowie die Ergebnisse der Versuche in einem Protokoll präzise zusammenzufassen.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, selbstständig weitführende Literatur zum Thema zu beschaffen sich Wissen daraus zu erschließen,</li> <li>• sind in der Lage, selbstständig Aufgaben zum Thema zu lösen und anhand des gegebenen Feedbacks ihren Lernstand einzuschätzen,</li> <li>• sind in der Lage, selbstständig experimentelle Untersuchungen zum Thema durchzuführen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		



Lehrveranstaltung L2805: Power-to-X Verfahren	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Jakob Albert
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regenerative Überschussenergie</li> <li>• Elektrolyse</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Quellen für Power-to-X</li> <li>• Power-to-Heat</li> <li>• Power-to-Power</li> <li>• Power-to-Gas (SNG)</li> <li>• Power-to-Syngas</li> <li>• Power-to-Methanol</li> <li>• Power-to-Fuels</li> <li>• Power-to-Ammonia</li> <li>• LOHC (Liquid organic hydrogen carrier)</li> <li>• Ökonomischer und ökologischer Vergleich verschiedener Konzepte</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. H. Watter, „Regenerative Energiesysteme“, Springer, 2015</li> </ol>

Lehrveranstaltung L2806: Power-to-X Verfahren	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Stefanie Wesinger
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	In der Hörsaalübung werden die Inhalte der Vorlesung weiter vertieft und in die praktische Anwendung überführt. Dies geschieht anhand von Beispielsaufgaben aus der Praxis, die den Studierenden zur Verfügung gestellt werden. Die Studierenden sollen diese Aufgaben mit Hilfe des Vorlesungsstoffes eigenständig oder in Gruppen lösen. Die Lösung wird dann mit Studierenden unter wissenschaftlicher Anleitung diskutiert, wobei Aufgabenteile an der Tafel präsentiert werden.
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. H. Watter, „Regenerative Energiesysteme“, Springer, 2015</li> </ol>

Lehrveranstaltung L2807: Praktische Aspekte der Energieumwandlung	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Maximilian Poller
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Im Laborpraktikum werden praxisnahe Experimente zu Power-to-X Verfahren durchgeführt. Hierbei werden den Studierenden die Herausforderungen zur technischen Umsetzung von Power-to-X Verfahren verdeutlicht. Die zugehörige Analytik der Versuchsproben ist ebenfalls Bestandteil des Laborpraktikums und werden von den Studierenden selbst durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse werden in einem Versuchsprotokoll präzise zusammengefasst und wissenschaftlich dargestellt.
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013</li> <li>2. H. Watter, „Regenerative Energiesysteme“, Springer, 2015</li> </ol>

Modul M2002: Waste and Resource Management			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Abfallmanagement (L3261)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Internationale Abfallkonzepte (L3259)	Vorlesung	2	2
Internationale Abfallkonzepte (L3260)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Kerstin Kuchta		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basics in process engineering		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	The students are able to describe waste as a resource as well as advanced technologies for recycling and recovery of resources from waste in detail. This covers collection, transport, treatment and disposal in national and international contexts.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to select suitable processes for the treatment with respect to the national or cultural and developmental context. They can evaluate the ecological impact and the technical effort of different technologies and management systems.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can work together as a team of 2-5 persons, participate in subject-specific and interdisciplinary discussions, develop cooperated solutions and defend their own work results in front of others and promote the scientific development of colleagues. Furthermore, they can give and accept professional constructive criticisms.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students can independently gain additional knowledge of the subject area and apply it in solving the given course tasks and projects.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja 20 %	Schriftliche Ausarbeitung	
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vortrag mithilfe von Powerpoint-Folien (10-15 Minuten)		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3261: Waste management	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Rüdiger Siechau
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction into the "Waste Management" consisting of:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Thermal Process (incinerator, RDF combustion)</li> <li>◦ Biological processes (Wet-/Dryfermentation)</li> <li>◦ technology, energy, emissions, approval , etc.</li> </ul> </li> <li>• Group work                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ design of systems/plants for energy recovery from waste</li> <li>◦ The following points are to be processed:                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Input: waste (fraction collection and transportation, current quantity, material flows , possible amount of development)</li> <li>▪ Plant (design, process diagram, technology, energy production)</li> <li>▪ Output (energy quantity / type, by-products)</li> <li>▪ Costs and revenues</li> <li>▪ Climate and resource protection (CO2 balance , substitution of primary raw materials / fossil fuels)</li> <li>▪ Location and approval (infrastructure , expiration authorization procedure)</li> <li>▪ Focus at the whole concept (advantages, disadvantages , risks and opportunities , discussion)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<b>Literatur</b>	Einführung in die Abfallwirtschaft; Martin Kranert, Klaus Cord-Landwehr (Hrsg.); Vieweg + Teubner Verlag; 2010  Powerpoint-Folien in Stud IP

Lehrveranstaltung L3259: International waste concepts	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Waste avoidance and recycling are the focus of this lecture. Additionally, waste logistics ( Collection, transport, export, fees and taxes) as well as international waste shipment solutions are presented.</p> <p>Other specific wastes, e.g. industrial waste, treatment concepts will be presented and developed by students themselves</p> <p>Waste composition and production on international level, waste eulogistic, collection and treatment in emerging and developing countries.</p> <p>Single national projects and studies will be prepared and presented by students</p>
<b>Literatur</b>	Basel convention

Lehrveranstaltung L3260: International waste concepts	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1878: Nachhaltige elektrische Energie aus Wind und Wasser			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Offshore-Geotechnik (L0067)	Vorlesung	1	1
Wasserkraftnutzung (L0013)	Vorlesung	1	1
Windenergieanlagen (L0011)	Vorlesung	2	3
Windenergienutzung - Schwerpunkt Offshore (L0012)	Vorlesung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Marvin Scherzinger		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Modul: Thermodynamik I, Modul: Thermodynamik II, Modul: Grundlagen der Strömungsmechanik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden vertieftes Kenntnisse über Windenergieanlagen mit besonderem Fokus der Windenergienutzung unter den Offshore-Bedingungen detailliert erklären und unter Einbeziehung aktueller Problemstellung kritisch dazu Stellung beziehen. Des Weiteren sind sie in der Lage die Nutzung der Wasserkraft zur Stromerzeugung grundlegend zu beschreiben. Die Studierenden können das grundsätzliche Vorgehen bei der Umsetzung regenerativer Energieprojekte im außereuropäischen Ausland wiedergeben und erklären.</p> <p>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb des Seminars des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten theoretischen Grundlagen auf beispielhafte Wasser- oder Windkraftsysteme anwenden und die sich ergebenden Zusammenhänge bezüglich der Auslegung und des Betriebs dieser Anlagen fachlich einschätzen und beurteilen. Die besondere Verfahrensweise zur Umsetzung erneuerbarer Energieprojekte im außereuropäischen Ausland können sie grundsätzliche mit der in Europa angewendeten Vorgehensweise kritisch vergleichen und auf beispielhafte Projekte theoretisch anwenden.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen innerhalb eines Seminars fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können sich selbstständig auf Basis der Schwerpunkte des Vorlesungsmaterials Quellen über das Fachgebiet erschließen, dieses zur Nachbereitung der Vorlesung nutzen und sich Wissen aneignen.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	180 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0067: Offshore-Geotechnik	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Jan Dührkop
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick und Einführung Offshore-Geotechnik</li> <li>• Einführung in die Bodenmechanik</li> <li>• Offshore-Baugrunderkundung</li> <li>• Schwerpunktthema zyklische Einwirkungen</li> <li>• Geotechnische Bemessung von Offshore-Gründungen</li> <li>• Monopiles</li> <li>• Jackets</li> <li>• Schwergewichtgründungen</li> <li>• Geotechnische Vorerkundung für den Einsatz von Hubschiffen und -plattformen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Randolph, M. and Gourvenec, S (2011): Offshore Geotechnical Engineering. Spon Press.</li> <li>• Poulos H.G. (1988): Marine Geotechnics. Unwin Hyman, London</li> <li>• BSH-Standard Baugrunderkundung für Offshore-Windenergieparks</li> <li>• Lesny K. (2010): Foundations for Offshore Wind Turbines. VGE Verlag, Essen.</li> <li>• EA-Pfähle (2012): Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle der DGGT. Ernst &amp; Sohn, Berlin.</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0013: Wasserkraftnutzung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Stefan Achleitner
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung; Bedeutung der Wasserkraft im nationalen und globalen Kontext</li> <li>• Physikalische Grundlagen: Bernoulli-Gleichung, nutzbare Fallhöhe, hydrologische Grundlagen, Verlustmechanismen, Wirkungsgrade</li> <li>• Einteilung der Wasserkraft: Lauf- und Speicherwasserkraft, Nieder- und Hochdruckanlagen</li> <li>• Aufbau von Wasserkraftanlagen: Darstellung der einzelnen Komponenten und ihres systemtechnischen Zusammenspiels             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bautechnische Komponenten; Darstellung von Dämmen, Wehren, Staumauern, Krafthäusern, Rechenanlagen etc.</li> <li>◦ Energietechnische Komponenten: Darstellung der unterschiedlichen Arten der hydraulischen Strömungsmaschinen, der Generatoren und der Netzanbindung</li> </ul> </li> <li>• Wasserkraft und Umwelt</li> <li>• Beispiele aus der Praxis</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schröder, W.; Euler, G.; Schneider, K.: Grundlagen des Wasserbaus; Werner, Düsseldorf, 1999, 4. Auflage</li> <li>• Quaschnig, V.: Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Simulation; Carl Hanser, München, 2011, 7. Auflage</li> <li>• Giesecke, J.; Heimerl, S.; Mosony, E.: Wasserkraftanlagen - Planung, Bau und Betrieb; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 5. Auflage</li> <li>• von König, F.; Jehle, C.: Bau von Wasserkraftanlagen - Praxisbezogene Planungsunterlagen; C. F. Müller, Heidelberg, 2005, 4. Auflage</li> <li>• Strobl, T.; Zunic, F.: Wasserbau: Aktuelle Grundlagen - Neue Entwicklungen; Springer, Berlin, Heidelberg, 2006</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0011: Windenergieanlagen</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Rudolf Zellermann
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Historische Entwicklung</li> <li>• Wind: Entstehung, geographische und zeitliche Verteilung, Standorte</li> <li>• Leistungsbeiwert, Rotorschub</li> <li>• Aerodynamik des Rotors</li> <li>• Betriebsverhalten</li> <li>• Leistungsbegrenzung, Teillast, Pitch und Stall, Regelung</li> <li>• Anlagenauswahl, Ertragsprognose, Wirtschaftlichkeit</li> <li>• Exkursion</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Gasch, R., Windkraftanlagen, 4. Auflage, Teubner-Verlag, 2005

<b>Lehrveranstaltung L0012: Windenergienutzung - Schwerpunkt Offshore</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Martin Skiba
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung , Bedeutung der Offshore-Windstromerzeugung, Besondere Anforderungen an die Offshore-Technik</li> <li>• Physikalische Grundlagen zur Nutzung der Windenergie</li> <li>• Aufbau und Funktionsweise von Offshore-Windenergieanlagen, Vorstellung unterschiedlicher Konzepte von Offshore-Windenergieanlagen, Darstellung der einzelnen Systemkomponenten und deren systemtechnisches Zusammenspiel</li> <li>• Gründungstechnik, Offshore-Baugrunderkundung, Vorstellung unterschiedlicher Konzepte von Offshore-Gründungsstrukturen, Planung und Fabrikation von Gründungsstrukturen</li> <li>• Elektrische Infrastruktur eines Offshore-Windparks, Innerpark-Verkabelung, Offshore-Umspannwerk, Netzanbindung</li> <li>• Installation von Offshore-Windparks, Installationstechniken und Hilfsgeräte, Errichtungslogistik</li> <li>• Entwicklung und Planung eines Offshore-Windparks</li> <li>• Betrieb und Optimierung von Offshore-Windparks</li> <li>• Tagesexkursion</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasch, R.; Twele, J.: Windkraftanlagen - Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb; Vieweg + Teubner, Stuttgart, 2007, 7. Auflage</li> <li>• Molly, J. P.: Windenergie - Theorie, Anwendung, Messung; C. F. Müller, Heidelberg, 1997, 3. Auflage</li> <li>• Hau, E.: Windkraftanlagen; Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, 4.Auflage</li> <li>• Heier, S.: Windkraftanlagen - Systemauslegung, Integration und Regelung; Vieweg + Teubner, Stuttgart, 2009, 5. Auflage</li> <li>• Jarass, L.; Obermair, G.M.; Voigt, W.: Windenergie: Zuverlässige Integration in die Energieversorgung; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 2. Auflage</li> </ul>

Modul M2029: Process Imaging			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Prozessbildung (L2723)		Vorlesung	3              3
Prozessbildung Praktikum (L2724)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Penn		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	No special prerequisites needed. An interest in imaging techniques and image processing is helpful but not mandatory.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The module focuses primarily on discussing established imaging techniques including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography. Moreover, it presents and discusses a range of more recent imaging modalities. The students will learn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature),</li> <li>2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and</li> <li>3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.</li> </ol>		
<i>Fertigkeiten</i>	<p>After the successful completion of the course, the students shall:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods,</li> <li>2. be able to assess the pros and cons of these methods with regard to cost, complexity, expected contrasts, spatial and temporal resolution, and based on this assessment</li> <li>3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.</li> </ol>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> In the problem-based interactive course, students work in small teams and set up two process imaging systems and use these systems to measure relevant process parameters in different chemical and bioprocess engineering applications. The teamwork will foster interpersonal communication skills.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are guided to work in self-motivation due to the challenge-based character of this module. A final presentation improves presentation skills.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	70 % schriftlicher Prüfung, 30% aktiver Mitarbeit und Abschlusspräsentation der problembasierten Lerneinheiten mit 5- 10 seitigen Bericht		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprosesstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2723: Process Imaging	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Penn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>The lecture focuses primarily on presenting and discussing established imaging techniques relevant to the field of engineering including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography. Moreover, it presents and discusses a range of more recent imaging modalities. The students will learn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature),</li> <li>2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and</li> <li>3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.</p> <p>Available as e-book in the library of TUHH: <a href="https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395">https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395</a></p>

Lehrveranstaltung L2724: Process Imaging Practicals	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Penn, Dr. Stefan Benders
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p><b>Content:</b> The module focuses primarily on discussing established imaging techniques including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography, and (d) ultrasound imaging and also covers a range of more recent imaging modalities. The students will learn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature),</li> <li>2. how the measurements work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and</li> <li>3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.</li> </ol> <p><b>Learning goals:</b> After the successful completion of the course, the students shall:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods,</li> <li>2. be able to assess the pros and cons of these methods with regard to cost, complexity, expected contrasts, spatial and temporal resolution, and based on this assessment</li> <li>3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.</p> <p>Available as e-book in the library of TUHH: <a href="https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395">https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395</a></p>



Modul M1954: Process Simulation and Process Safety			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
CAPE inkl. Computerübung (L1039)		Integrierte Vorlesung	3            4
Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe (L1040)		Vorlesung	2            2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mirko Skiborowski		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	thermal separation processes  heat and mass transport processes		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	students can:  - outline types of simulation tools  - describe principles of flowsheet and equation oriented simulation tools  - describe the setting of flowsheet simulation tools  - explain the main differences between steady state and dynamic simulations  - present the fundamentals of toxicology and hazardous materials  - explain the main methods of safety engineering  - present the importance of safety analysis with respect to plant design  - describe the definitions within the legal accident insurance  accident insurance		
<i>Fertigkeiten</i>	students can:  - conduct steady state and dynamic simulations  - evaluate simulation results and transform them in the practice  - choose and combine suitable simulation models into a production plant  - evaluate the achieved simulation results regarding practical importance  - evaluate the results of many experimental methods regarding safety aspects  - review, compare and use results of safety considerations for a plant design		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	students are able to:  - work together in teams in order to simulate process elements and develop an integral process  - develop in teams a safety concept for a process and present it to the audience		
<i>Selbstständigkeit</i>	students are able to  - act responsible with respect to environment and needs of the society		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Klausur 90 Minuten und schriftliche Ausarbeitung		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1039: CAPE with Computer Exercises</b>	
<b>Typ</b>	Integrierte Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>I. Introduction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamentals of steady state process simulation                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1. Classes of simulation tools</li> <li>1.2. Sequential-modularer approach</li> <li>1.3. Operating mode of ASPEN PLUS</li> </ul> </li> <li>2. Introduction in ASPEN PLUS                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. GUI</li> <li>2.2. Estimation methods of physical properties</li> <li>2.3. Aspen tools (z.B. Designspecification)</li> <li>2.4. Convergence methods</li> </ul> </li> </ul> <p>II. Exercises using ASPEN PLUS and ACM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performance and constraints of ASPEN PLUS</li> <li>ASPEN datenbank using</li> <li>Estimation methods of physical properties</li> <li>Application of model databank, process synthesis</li> <li>Design specifications</li> <li>Sensitivity analysis</li> <li>Optimization tasks</li> <li>Industrial cases</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- G. Fieg: Lecture notes</li> <li>- Seider, W.D.; Seader, J.D.; Lewin, D.R.: Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation; Hoboken, J. Wiley &amp; Sons, 2010</li> </ul>

Lehrveranstaltung L1040: Methods of Process Safety and Dangerous Substances	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Practical implementation of safety analyses (methods)</p> <p>Safety-related parameters and methods for their determination</p> <p>Hazard characteristics according to the Chemicals Act</p> <p>GHS (Globally Harmonized System) for the classification and labelling of chemicals</p> <p>Hazardous substances</p> <p>Toxicology</p> <p>Personal safety</p> <p>Safety considerations in plant design</p> <p>Inherently safe process design</p> <p>Technical measures for plant safety</p>
<b>Literatur</b>	<p>Bender, H.: Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen; Weinheim (2005)</p> <p>Bender, H.: Das Gefahrstoffbuch. Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen in der Praxis; Weinheim (2002)</p> <p>Birett, K.: Umgang mit Gefahrstoffen; Heidelberg (2011)</p> <p>Birgersson, B.; Sterner, O.; Zimerson, E.: Chemie und Gesundheit; Weinheim (1988)</p> <p>O. Antelmann, Diss. an der TU Berlin, 2001</p> <p>R. Dittmeyer, W. Keim, G. Kreysa, A. Oberholz, Chemische Technik, Prozesse und Produkte, Band 1 Methodische Grundlagen, VCH, 2004-2006, S. 719</p> <p>H. Pohle, Chemische Industrie, Umweltschutz, Arbeitsschutz, Anlagensicherheit, VCH, Weinheim, 1991</p> <p>J. Steinbach, Chemische Sicherheitstechnik, VCH, Weinheim, 1995</p> <p>G. Suter, Identifikation sicherheitskritischer Prozesse, P&amp;A Kompendium, 2004</p>

Modul M1888: Environmental protection management			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltmanagement (L0387)		Integrierte Vorlesung	3
Technologie der Luftreinhaltung (L0203)		Vorlesung	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Swantje Pietsch-Braune		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0387: Health, Safety and Environmental Management	
<b>Typ</b>	Integrierte Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Hans-Joachim Nau
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Objectives of and benefit from HSE management</li> <li>From dilution and end-of-pipe technology to eco-efficiency and eco-effectiveness Behaviour control: regulations, economic instruments and voluntary initiatives</li> <li>Fundamentals of HSE legislation ISO 14001, EMAS and Responsible Care ISO 14001 requirements Environmental performance evaluation Risk management: hazard, risk and safety Health and safety at the workplace</li> <li>Crisis management</li> </ul>
<b>Literatur</b>	C. Stephan: Industrial Health, Safety and Environmental Management, MV-Verlag, Münster, 2007/2012 (can be found in the library under GTG 315)  Exercises can be downloaded from StudIP

Lehrveranstaltung L0203: Air Pollution Abatement	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Swantje Pietsch-Braune, Christian Eichler
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	In the lecture methods for the reduction of emissions from industrial plants are treated. At the beginning a short survey of the different forms of air pollutants is given. In the second part physical principals for the removal of particulate and gaseous pollutants from flue gases are treated. Industrial applications of these principles are demonstrated with examples showing the removal of specific compounds, e.g. sulfur or mercury from flue gases of incinerators.
<b>Literatur</b>	Handbook of air pollution prevention and control, Nicholas P. Cheremisinoff. - Amsterdam [u.a.] : Butterworth-Heinemann, 2002 Atmospheric pollution : history, science, and regulation, Mark Zachary Jacobson. - Cambridge [u.a.] : Cambridge Univ. Press, 2002 Air pollution control technology handbook, Karl B. Schnelle. - Boca Raton [u.a.] : CRC Press, c 2002 Air pollution, Jeremy Colls. - 2. ed. - London [u.a.] : Spon, 2002

Modul M0949: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Ländliche Entwicklung und Ressourcen Orientierte Sanitärsysteme für verschiedene Klimate (L0942)		Seminar	2              3
Ländliche Entwicklung und Ressourcen Orientierte Sanitärsysteme für verschiedene Klimate (L0941)		Vorlesung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Ralf Otterpohl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of the global situation with rising poverty, soil degradation, lack of water resources and sanitation		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Students can describe resources oriented wastewater systems mainly based on source control in detail. They can comment on techniques designed for reuse of water, nutrients and soil conditioners.</p> <p>Students are able to discuss a wide range of proven approaches in Rural Development from and for many regions of the world.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Students are able to design low-tech/low-cost sanitation, rural water supply, rainwater harvesting systems, measures for the rehabilitation of top soil quality combined with food and water security. Students can consult on the basics of soil building through "Holistic Planned Grazing" as developed by Allan Savory.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students are able to develop a specific topic in a team and to work out milestones according to a given plan.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are in a position to work on a subject and to organize their work flow independently. They can also present on this subject.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Semesterbegleitend werden Meilensteine erarbeitet, vorgetragen und schriftlich festgehalten. Genaueres zum jeweiligen Semesterbeginn.		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Environment and Climate: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0942: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Otterpohl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Central part of this module is a group work on a subtopic of the lectures. The focus of these projects will be based on an interview with a target audience, practitioners or scientists.</li> <li>The group work is divided into several Milestones and Assignments. The outcome will be presented in a final presentation at the end of the semester.</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>J. Lange, R. Otterpohl 2000: Abwasser - Handbuch zu einer zukunftsfähigen Abwasserwirtschaft. Mallbeton Verlag (TUHH Bibliothek)</li> <li>Winblad, Uno and Simpson-Hébert, Mayling 2004: Ecological Sanitation, EcoSanRes, Sweden (free download)</li> <li>Schober, Sabine: WTO/TUHH Award winning Terra Preta Toilet Design: <a href="http://youtu.be/w_R09cYq6ys">http://youtu.be/w_R09cYq6ys</a></li> </ul>

Lehrveranstaltung L0941: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Ralf Otterpohl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Living Soil - THE key element of Rural Development</li> <li>• Participatory Approaches</li> <li>• Rainwater Harvesting</li> <li>• Ecological Sanitation Principles and practical examples</li> <li>• Permaculture Principles of Rural Development</li> <li>• Performance and Resilience of Organic Small Farms</li> <li>• Going Further: The TUHH Toolbox for Rural Development</li> <li>• EMAS Technologies, Low cost drinking water supply</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation: <a href="http://youtu.be/9hmkgn0nBgk">http://youtu.be/9hmkgn0nBgk</a></li> <li>• Montgomery, David R. 2007: Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press</li> </ul>

Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Bioökonomie (L2797)	Vorlesung	2	2
Chemische Kinetik (L0508)	Vorlesung	2	2
Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen (L0052)	Vorlesung	2	3
Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie (L2021)	Vorlesung	2	2
Optik für Ingenieure (L2437)	Vorlesung	3	3
Optik für Ingenieure (L2438)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Sicherheit chemischer Reaktionen (L1321)	Vorlesung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Michael Schlüter		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Die Studierenden sollten die Bachelor-Veranstaltungen "Verfahrenstechnik" erfolgreich absolviert haben.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte verfahrenstechnische Spezialgebiete innerhalb der Verfahrenstechnik zu verorten. Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende technische Zusammenhänge und Modelle erklären.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können in international besetzten Teams auf englisch diskutieren und unter Zeitdruck einen Lösungsweg erarbeiten.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende können selbstständig auswählen, welche Kenntnisse und Fähigkeiten sie durch die Wahl der geeigneten Fächer vertiefen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2797: Bioeconomy	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min
<b>Dozenten</b>	Prof. Garabed Antranikian
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	Bioeconomy is the production, utilization and conservation of biological resources, including related knowledge, science, technology, and innovation, to provide information products, processes, and services across all economic sectors aiming towards a sustainable biobased technology. In this course the significance of various topics including the production and processing of biomass, economics, logistic as well as management will be discussed. Technologies aiming at the production of renewable biological resources and the conversion of these resources and waste streams into value-added products, such as food, feed, bio-based products (textiles, bioplastics, chemicals, pharmaceuticals) and bioenergy will be presented. Biological tools including microorganisms and enzymes will be introduced. This approach with a focus on chemical and process engineering will provide a smooth transition from crude oil-based industry to Sustainable Circular Bioeconomy taking into consideration the environmental issues. This sustainable use of renewable resources for industrial purposes will ensure environmental protection and a long-term balance of social and economic gains.
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L0508: Chemical Kinetics	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten
<b>Dozenten</b>	Prof. Raimund Horn
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Micro kinetics, formal kinetics, molecularity, reaction order, integrated rate laws</li> <li>- Complex reactions, reversible reactions, consecutive reactions, parallel reactions, approximation methods: steady-state, pseudo-first order, numerical solution of rate equations , example : Belousov-Zhabotinskii reaction</li> <li>- Experimental methods of kinetics, integral approach, differential approach, initial rate method, method of half-life, relaxation methods</li> <li>- Collision theory, Maxwell velocity distribution, collision numbers, line of centers model</li> <li>- Transition state theory, partition functions of atoms and molecules, examples, calculating reaction equilibria on the basis of molecular data only, heats of reaction, calculating rates of reaction by means of statistical thermodynamics</li> <li>- Kinetics of heterogeneous reactions, peculiarities of heterogeneous reactions, mean-field approximation, Langmuir adsorption isotherm, reaction mechanisms, Langmuir-Hinshelwood Mechanism, Eley-Rideal Mechanism, steady-state approximation, quasi-equilibrium approximation, most abundant reaction intermediate (MARI), reaction order, apparent activation energy, example: CO oxidation, transition state theory of surface reactions, Sabatier´s principle, sticking coefficient, parameter fitting</li> <li>- Explosions, cold flames</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>J. I. Steinfeld, J. S. Francisco, W. L. Hase: Chemical Kinetics &amp; Dynamics, Prentice Hall</p> <p>K. J. Laidler: Chemical Kinetics, Harper &amp; Row Publishers</p> <p>R. K. Masel. Chemical Kinetics &amp; Catalysis , Wiley</p> <p>I. Chorkendorff,, J. W. Niemantsverdriet: Concepts of modern Catalysis and Kinetics, Wiley</p>

Lehrveranstaltung L0052: Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min
<b>Dozenten</b>	Prof. Werner Sitzmann
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Die großtechnische Anwendung verfahrenstechnischer Grundoperationen wird an aktuellen Beispielen der Verarbeitung fester Biomassen demonstriert. Hierzu gehören unter anderem: Zerkleinern, Fördern und Dosieren, Trocknen und Agglomerieren nachwachsender Rohstoffe im Rahmen der Herstellung von Brennstoffen, der Bioethanolerzeugung, der Gewinnung und Veredelung von Pflanzenölen, von Biomass-to-liquid-Prozessen sowie der Herstellung von wood-plastic-composites. Aspekte zum Explosionsschutz und zur Anlagenplanung ergänzen die Vorlesung.
<b>Literatur</b>	<p>Kaltschmitt M., Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Bioamasse, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-64853-4</p> <p>Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe,</p> <p>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <a href="http://www.nachwachsende-rohstoffe.de">www.nachwachsende-rohstoffe.de</a></p> <p>Bockisch M.: Nahrungsfette und -öle, Ulmer Verlag, 1993, ISBN 380000158175</p>

Lehrveranstaltung L2021: Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	12 Seiten
<b>Dozenten</b>	Prof. Frank Kleine Jäger
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	



Lehrveranstaltung L2437: Optics for Engineers	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Prüfungsart</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion
<b>Dozenten</b>	Prof. Thorsten Kern
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic values for optical systems and lighting technology</li> <li>• Spectrum, black-bodies, color-perception</li> <li>• Light-Sources und their characterization</li> <li>• Photometrics</li> <li>• Ray-Optics</li> <li>• Matrix-Optics</li> <li>• Stops, Pupils and Windows</li> <li>• Light-field Technology</li> <li>• Introduction to Wave-Optics</li> <li>• Introduction to Holography</li> </ul>
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L2438: Optics for Engineers	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Prüfungsart</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion
<b>Dozenten</b>	Prof. Thorsten Kern
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L1321: Sicherheit chemischer Reaktionen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Prüfungsart</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min
<b>Dozenten</b>	Dr. Marko Hoffmann
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik (L1051)	<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
		<b>SWS</b>	6
		<b>LP</b>	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dozenten des SD V		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Fortgeschrittener Kenntnisstand im Master-Studium Verfahrenstechnik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden kennen aktuelle Forschungsprojekte der Institute in der Vertiefungsrichtung. Sie können die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden nennen, mit denen an diesen gearbeitet wird.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, ein eigenständiges Teilprojekt in aktuell laufenden Forschungsprojekten der Institute in der Vertiefungsrichtung durchzuführen. Studierende können ihre Vorgehensweise zur Lösung einer Aufgabe begründen, aus den gewonnen Ergebnissen Schlussfolgerungen ziehen und wenn nötig neue Arbeitsmethoden finden. Studierende sind in der Lage, alternative Lösungskonzepte mit dem gewählten Ansatz bzgl. vorgegebener Kriterien zu vergleichen und zu beurteilen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Studierende sind in der Lage, mit Mitarbeitern der betreuenden Institute fachlich den Fortschritt der Arbeit zu diskutieren und ihre Endergebnisse adressatengerecht zu präsentieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind in der Lage, anhand der im bisherigen Studium erworbenen Kompetenzen sich selbstständig aus aktuellen Forschungsprojekten sinnvolle Aufgaben zu definieren, dazu notwendiges Wissen zu erschließen sowie geeignete Lösungsmethoden auszuwählen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Studienarbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	laut ASPO		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		
Lehrveranstaltung L1051: Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik			
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung		
<b>SWS</b>	6		
<b>LP</b>	6		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Dozenten</b>	Dozenten des SD V		
<b>Sprachen</b>	DE/EN		
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe		
<b>Inhalt</b>	<p>Bearbeitung aktueller Forschungsthemen der gewählten Vertiefungsrichtung.</p> <p>Forschungsprojekte können an den Instituten der Verfahrenstechnik, in der Industrie oder im Ausland durchgeführt werden. Es ist immer eine Hochschullehrerin oder ein Hochschullehrer des Studiendekanats Verfahrenstechnik als Betreuer erforderlich, der vor Beginn des Forschungsprojektes festgelegt werden muss.</p>		
<b>Literatur</b>	<p>Aktuelle Literatur zu Forschungsthemen aus der gewählten Vertiefungsrichtung.</p> <p>Current literature on research topics of the chosen specialization.</p>		

Modul M1294: Bioenergie			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Biokraftstoffverfahrenstechnik (L0061)		Vorlesung	1            1
Biokraftstoffverfahrenstechnik (L0062)		Gruppenübung	1            1
Globale Märkte für land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe (L1769)		Vorlesung	1            1
Thermische Biomassenutzung (L1767)		Vorlesung	2            2
Thermische Biomassenutzung (L2386)		Laborpraktikum	1            1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Martin Kaltschmitt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	keine		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die Grundlagen der Energiegewinnung aus Biomasse, über aerobe und anaerobe Abfallbehandlungsverfahren, die dabei gewonnenen Produkte und die Behandlung der jeweils entstehenden Emissionen wiedergeben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können das erlernte Wissen über biomasse-basierte Energiebereitstellungsanlagen anwenden, um für unterschiedliche Fragestellungen, beispielsweise bezüglich der Dimensionierung und Auslegung von Anlagen, die Zusammenhänge zu erläutern. In diesem Zusammenhang sind die Studierenden auch in der Lage Berechnungsaufgaben zur Verbrennung, Vergasung und Biogas-, Biodiesel- und Bioethanolnutzung zu lösen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung und Bewertung von Energiesystemen zur Biomassenutzung diskutieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden können sich zur Aufarbeitung der Vorlesungsschwerpunkte selbstständig Quellen über das Fachgebiet erschließen, Wissen auswählen und aneignen. Des Weiteren können die Studierenden, unter Hilfestellung der Lehrenden, eigenständig Berechnungen zu biomasse-nutzenden Energiesysteme erfüllen und so ihren jeweiligen Lernstand einschätzen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte definieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung
	Nein	10 %	Referat
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	3 Stunden Klausur		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0061: Biokraftstoffverfahrenstechnik	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Oliver Lüdtkke
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Einleitung</li> <li>• Was sind Biokraftstoffe?</li> <li>• Märkte &amp; Entwicklungen</li> <li>• Gesetzliche Rahmenbedingungen</li> <li>• Treibhausgaseinsparungen</li> <li>• Generationen der Biokraftstoffe             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bioethanol der ersten Generation                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rohstoffe</li> <li>▪ Fermentation</li> <li>▪ Destillation</li> </ul> </li> <li>◦ Biobutanol / ETBE</li> <li>◦ Bioethanol der zweiten Generation                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bioethanol aus Stroh</li> </ul> </li> <li>◦ Biodiesel der ersten Generation                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rohstoffe</li> <li>▪ Produktionsprozess</li> <li>▪ Biodiesel &amp; Rohstoffe</li> </ul> </li> <li>◦ HVO / HEFA</li> <li>◦ Biodiesel der zweiten Generation                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biodiesel aus Algen</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Biogas als Kraftstoff             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Biogas der ersten Generation                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rohstoffe</li> <li>▪ Fermentation</li> <li>▪ Reinigung zu Biomethan</li> </ul> </li> <li>◦ Biogas der zweiten Generation &amp; Vergasungsverfahren</li> <li>◦ Methanol / DME aus Holz und Tall oil®</li> </ul> </li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skriptum zur Vorlesung</li> <li>• Drapcho, Nhuan, Walker; Biofuels Engineering Process Technology</li> <li>• Harwardt; Systematic design of separations for processing of biorenewables</li> <li>• Kaltschmitt; Hartmann; Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren</li> <li>• Mousdale; Biofuels - Biotechnology, Chemistry and Sustainable Development</li> <li>• VDI Wärmeatlas</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0062: Biokraftstoffverfahrenstechnik	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Oliver Lüdtkke
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ökobilanzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>Exemplarisches Beispiel zur Bewertung von CO2 Einsparungspotentialen durch alternative Kraftstoffe -- Wahl der Systemgrenzen und Datenbanken</b></li> </ul> </li> <li>• <b>Bioethanolherstellung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>Anwendungsaufgabe in der die Grundlagen der thermischen Trennverfahren (Rektifikation, Extraktion) thematisiert werden. Dabei liegt der Fokus auf einer Kolonnenauslegung, inkl. Wärmebedarf, Stufenanzahl, Rücklaufverhältnis...</b></li> </ul> </li> <li>• <b>Biodieselherstellung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>Verfahrenstechnische Optionen der Fest/Flüssigtrennung, inklusive Grundgleichungen zum Abschätzen von Leistung, Energiebedarf, Trennschärfe und Durchsatz</b></li> </ul> </li> <li>• <b>Biomethanproduktion</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>Chemische Reaktionen, die bei der Herstellung von Biokraftstoffen relevant sind, inklusive Gleichgewichte, Aktivierungsenergien, shift-Reaktionen</b></li> </ul> </li> </ul>
<b>Literatur</b>	Skriptum zur Vorlesung

Lehrveranstaltung L1769: Globale Märkte für land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Michael Köhl, Bernhard Chilla
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>1) Markets for Agricultural Commodities            What are the major markets and how are markets functioning            Recent trends in world production and consumption.            World trade is growing fast. Logistics. Bottlenecks.            The major countries with surplus production            Growing net import requirements, primarily of China, India and many other countries.            Tariff and non-tariff market barriers. Government interferences.</p> <p>2) Closer Analysis of Individual Markets            Thomas Mielke will analyze in more detail the global vegetable oil markets, primarily palm oil, soya oil, rapeseed oil, sunflower oil. Also the raw material (the oilseed) as well as the by-product (oilmeal) will be included. The major producers and consumers.            Vegetable oils and oilmeals are extracted from the oilseed. The importance of vegetable oils and animal fats will be highlighted, primarily in the food industry in Europe and worldwide. But in the past 15 years there have also been rapidly rising global requirements of oils &amp; fats for non-food purposes, primarily as a feedstock for biodiesel but also in the chemical industry.            Importance of oilmeals as an animal feed for the production of livestock and aquaculture            Oilseed area, yields per hectare as well as production of oilseeds. Analysis of the major oilseeds worldwide. The focus will be on soybeans, rapeseed, sunflowerseed, groundnuts and cottonseed.            Regional differences in productivity. The winners and losers in global agricultural production.</p> <p>3) Forecasts: Future Global Demand &amp; Production of Vegetable Oils            Big challenges in the years ahead: Lack of arable land for the production of oilseeds, grains and other crops. Competition with livestock. Lack of water. What are possible solutions? Need for better education &amp; management, more mechanization, better seed varieties and better inputs to raise yields.            The importance of prices and changes in relative prices to solve market imbalances (shortage situations as well as surplus situations). How does it work? Time lags.            Rapidly rising population, primarily the number of people considered "middle class" in the years ahead.            Higher disposable income will trigger changing diets in favour of vegetable oils and livestock products.            Urbanization. Today, food consumption per caput is partly still very low in many developing countries, primarily in Africa, some regions of Asia and in Central America. What changes are to be expected?            The myth and the realities of palm oil in the world of today and tomorrow.            Labour issues curb production growth: Some examples: 1) Shortage of labour in oil palm plantations in Malaysia. 2) Structural reforms overdue for the agriculture in India, China and other countries to become more productive and successful, thus improving the standard of living of smallholders.</p>
<b>Literatur</b>	Lecture material

<b>Lehrveranstaltung L1767: Thermische Biomassenutzung</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Martin Kaltschmitt
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Ziel dieses Kurses ist es, die physikalischen, chemischen und biologischen als auch die technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Grundlagen aller Optionen der Energieerzeugung aus Biomasse aus deutscher und internationaler Sicht zu diskutieren. Zusätzlich unterschiedlichen Systemansätze zur Nutzung von Biomasse für die Energieerzeugung, Aspekte der Bioenergie im Energiesystem zu integrieren, technische und wirtschaftliche Entwicklungspotenziale und die aktuelle und erwartete zukünftige Verwendung innerhalb des Energiesystems vorgestellt.</p> <p>Der Kurs ist wie folgt aufgebaut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomasse als Energieträger im Energiesystem, die Nutzung von Biomasse in Deutschland und weltweit, Übersicht über den Inhalt des Kurses</li> <li>• Photosynthese, die Zusammensetzung der organischen Stoffe, Pflanzenproduktion, Energiepflanzen, Reststoffen, organischen Abfällen</li> <li>• Biomasse Bereitstellung Ketten für holzige und krautige Biomasse, Ernte und Bereitstellung, Transport, Lagerung, Trocknung             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermo- chemische Umwandlung von biogenen Festbrennstoffen                 <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Grundlagen der thermo- chemischen Umwandlung</li> <li>◦ Direkte thermo- chemische Umwandlung durch Verbrennung: Verbrennungstechnologien für kleine und Großanlagen, Strom- Erzeugungstechnologien, Abgasbehandlungstechnologien, Asche und ihre Verwendung</li> <li>◦ Vergasung: Vergasungstechnologien, Gasreinigungstechnologien, Optionen zur Nutzung des gereinigten Gases für die Bereitstellung von Wärme, Strom und/oder Brennstoffe</li> <li>◦ Schnelle und langsame Pyrolyse: Technologien für die Bereitstellung von Bio-Öl und / oder für die Bereitstellung von Kohle-, Öl- Reinigungstechnologien, Optionen um die Pyrolyse- Öl und Kohle als Energieträger als auch als Rohstoff verwenden</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Physikalisch-chemische Umwandlung von Biomasse, die Öle und / oder Fette: Grundlagen, Ölsaaten und Ölfrüchte, Pflanzenölproduktion, die Produktion von Biokraftstoff mit standardisierten Merkmalen (Umesterung, Hydrierung, Co-Processing in bestehenden Raffinerien), Optionen der Nutzung dieser Kraftstoffe, Optionen zur Verwendung der Rückstände (d.h. Mehl, Glycerin)             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bio-chemische Umwandlung von Biomasse</li> <li>◦ Grundlagen der bio-chemische Umwandlung</li> <li>◦ Biogas: Prozess- Technologien für Anlagen mit landwirtschaftlichen Rohstoffen, Klärschlamm ( Klärgas ), organische Abfallfraktion (Deponiegas), Technologien für die Bereitstellung von Biomethan, die Verwendung des aufgeschlossenen Schlamm</li> <li>◦ Ethanol-Produktion: Prozesstechnologien für Einsatzmaterial, Zucker, Stärke oder Cellulose, die Verwendung von Ethanol als Kraftstoff, Verwendung der Schlempe</li> </ul> </li> </ul>
<b>Literatur</b>	<b>Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 2. Auflage</b>

<b>Lehrveranstaltung L2386: Thermische Biomassenutzung</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Martin Kaltschmitt, Dr. Marvin Scherzinger
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Die Versuche des Praktikums verdeutlichen die unterschiedlichen Aspekte der Wärmegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen. Dazu werden zunächst unterschiedliche Biomassen (wie z.B. Holz, Stroh oder landwirtschaftliche Reststoffe) untersucht; hierbei liegt der Schwerpunkt auf dem Heiz- und Brennwert der Biomasse. Weiterhin wird die verwendete Biomasse pelletiert, die Pelleteigenschaften analysiert und ein Verbrennungsversuch an einer Pellet-Einzelraumfeuerung durchgeführt. Dabei werden die gasförmigen und festen Schadstoffemissionen, besonders der entstehende Feinstaub, gemessen und in einem weiteren Versuch die Zusammensetzung des Feinstaubes untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt des Praktikums liegt auf der Betrachtung von Optionen zur Reduzierung des Feinstaubes aus der Biomasseverbrennung. Im Praktikum wird eine Methode zur Feinstaubreduzierung erarbeitet und getestet. Alle Versuche werden ausgewertet und die Ergebnisse vorgestellt.</p> <p>Innerhalb des Laborpraktikums diskutieren die Studierenden verschiedene technischwissenschaftliche Aufgabenstellungen, sowohl fachspezifisch und fachübergreifend. Sie sprechen verschiedene Lösungsansätze der Aufgabenstellung durch und beraten über die theoretische oder praktische Umsetzung.</p>
<b>Literatur</b>	<p>- Kaltschmitt, Martin; Hartmann, Hans; Hofbauer, Hermann: Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Science &amp; Business Media, 2016. -ISBN 978-3-662-47437-2</p> <p>- Versuchsskript</p>

Modul M1303: Energieprojekte - Entwicklung und Bewertung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Aspekte des Nachhaltigkeitsmanagements (L0007)	Vorlesung	1	1
Entwicklung von Energieprojekten (L0003)	Vorlesung	2	2
Regenerative Energieprojekte in neuen Märkten (L0014)	Projektseminar	2	2
Ökonomische Aspekte von Energieprojekten (L0005)	Vorlesung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Martin Kaltschmitt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Umweltbewertung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden die Vorgehensweise der Planung und Entwicklung von Projekten zur Nutzung regenerativer Energien beschreiben und auch die gesonderte Beachtung der wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekte dabei erläutern.</p> <p>Die Lehrinhalte der einzelnen Themenschwerpunkte des Moduls werden anwendungsbezogen vermittelt; die Studierenden können diese somit u.a. in Berufszweigen der Beratung oder Betreuung von Energieprojekten auf unterschiedliche Fragestellungen anwenden.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten theoretischen Grundlagen zur Vorgehensweise bei der Entwicklung erneuerbarer Energieprojekte auf beispielhafte Energieprojekte anwenden und die sich ergebenden Zusammenhänge unter besonderer Berücksichtigung der wirtschaftlichen und rechtlichen Voraussetzungen fachlich und konzeptionell einschätzen und beurteilen.</p> <p>Sie können als Basis zur Auslegung erneuerbarer Energiesysteme die Nachfrage nach thermischer und/oder elektrischer Energie auf betrieblicher und regionaler Ebene analysieren und dem folgend mögliche Energiesysteme auswählen und dimensionieren.</p> <p>Zur Bewertung der Nachhaltigkeitsaspekte von erneuerbaren Energieprojekten können die Studierenden in diesem Zusammenhang die richtige Methodik in Abhängigkeit der Fragestellung auswählen, diskutieren und kritisch Stellung dazu beziehen.</p> <p>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Seminare und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Energieprojekte in einer personenstarken Gruppe bearbeiten und zeitlich und fachlich organisieren. Sie können fachspezifische und fachübergreifende Diskussionen führen und dem folgend die Leistung der Kommiliton*innen einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage ihre Gruppenergebnisse von anderen zu vertreten.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können sich zur Aufarbeitung der Vorlesungsinhalte und zur Lösung der Aufgaben zur wirtschaftlichen Einschätzung erneuerbarer Energieprojekte selbstständig Quellen über das jeweilige Fachgebiet erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Auf dieser Basis sind sie in der Lage eigenständig Berechnungsmethoden zur Lösung der Aufgaben zur wirtschaftlichen Einschätzung erneuerbarer Energieprojekte zu erfüllen und veranstaltungsübergreifende Zusammenhänge zu erkennen. Durch die durch Lehrende angeleitete Berechnungen können die Studierenden eigenständig Ihren Wissenstand erkennen.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	150 Minuten Klausur + Projektseminararbeit		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0007: Aspekte des Nachhaltigkeitsmanagements	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Charlotte Weinspach
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Die Vorlesung „Nachhaltigkeitsmanagement“ gibt einen Einblick in die verschiedenen Aspekte und Dimensionen der Nachhaltigkeit. Dazu werden zunächst wichtige Begriffe und Definitionen, wesentliche Entwicklungen der letzten Jahre sowie rechtliche Rahmenbedingungen erläutert. Danach werden die verschiedenen Aspekte der Nachhaltigkeit im Einzelnen vorgestellt und diskutiert. Als wesentlicher Bestandteil der Vorlesung, werden Konzepte zur Umsetzung des Themas Nachhaltigkeit in Unternehmen besprochen. Zu beantwortende Kernfragen sind dabei u. a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Was ist „Nachhaltigkeit“?</li> <li>• Warum ist dieses Konzept für Unternehmen ein wichtiges Thema?</li> <li>• Welche Chancen und Risiken wirtschaftlichen Handelns werden damit thematisiert bzw. sind damit verbunden?</li> <li>• Wie können die oft genannten drei Säulen der Nachhaltigkeit - Ökonomie, Ökologie und Soziales - trotz ihrer z. T. gegenläufigen Tendenzen in die Unternehmensführung sinnvoll integriert und jeweils ein entsprechender Kompromiss gefunden werden?</li> <li>• Welche Konzepte bzw. Rahmenvorgaben für die Umsetzung des Nachhaltigkeitsmanagements in Unternehmen gibt es?</li> <li>• Welche Nachhaltigkeits-Labels für Produkte und/oder für Unternehmen gibt es? Was ist ihnen gemeinsam und wo unterscheiden sie sich?</li> </ul> <p>Des Weiteren soll die Veranstaltung Einblicke in die konkrete Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten in der unternehmerischen Praxis bieten. Dafür werden externe Dozenten aus Unternehmen eingeladen, die berichten, wie das Thema Nachhaltigkeit in ihre täglichen Abläufe integriert wird.</p> <p>Im Rahmen einer eigenständigen Ausarbeitung sollen die Studierenden die Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten anhand kurzer Fallstudien analysieren und diskutieren. Anhand der Beschäftigung und dem Vergleich von „Best Practice“ Beispielen sollen sie die Auswirkungen und Tragweite von unternehmerischen Entscheidungen kennenlernen. Dabei soll deutlich werden, welche Risiken bzw. Chancen mit der Nichtbeachtung bzw. Beachtung von Nachhaltigkeitsaspekten verbunden sind.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Die folgenden Bücher bieten einen Überblick:</p> <p>Engelfried, J. (2011) Nachhaltiges Umweltmanagement. München: Oldenbourg Verlag. 2. Auflage</p> <p>Corsten H., Roth S. (Hrsg.) (2011) Nachhaltigkeit - Unternehmerisches Handeln in globaler Verantwortung. Wiesbaden: Gabler Verlag.</p>



Lehrveranstaltung L0003: Entwicklung von Energieprojekten	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Martin Kaltschmitt
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung von regenerativen Energieprojekten: von der Analyse der Gegebenheiten vor Ort bis zum fertigen Energieprojekt: welche Stufen müssen durchlaufen werden, um ein erfolgreiches regeneratives Energieprojekt zu realisieren und welche Einflussgrößen müssen beachtet werden</li> <li>• Erhebung der Energienachfrage; Methoden zur Erhebung der Nachfrage nach thermischer und/oder elektrischer Energie auf betrieblicher und regionaler Ebene bis hin zu Erarbeitung eines Energiemasterplans.</li> <li>• Systemtechnik regenerativer Energien: wie passen die einzelnen Optionen zur Nutzung regenerativer Energien vor dem Hintergrund einer bestimmten zur deckenden Versorgungsaufgabe am besten zusammen? Wie können unter bestimmten Bedingungen ideale Kombinationen aussehen?</li> <li>• Machbarkeitsstudie; Anforderungen an und Inhalte in einer Machbarkeitsstudie</li> <li>• Gesetzlicher Rahmen zur Anlagenerrichtung; Darstellung der Genehmigungsrechte einschließlich der gesamten formalen Vorgehensweise bei den unterschiedlichen Genehmigungsverfahren im Rahmen der BImSch-Gesetzgebung; weitergehende gesetzliche Vorgaben (u. a. Baurecht, Wasserecht, Lärm etc.)</li> <li>• Gesellschaftsformen; welche Gesellschaftsformen bieten sich für welchen Anwendungsfall am besten an? Wo liegen die Vor- und Nachteile?</li> <li>• Risikomanagement; wie können die Risiken von regenerativen Energieprojekten am besten bestimmt werden? Wie kann eine Risikominimierung sichergestellt werden?</li> <li>• Versicherungen; welche Versicherungen gibt es? Wofür braucht man Versicherungen? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt werden, um bestimmte Versicherungen für bestimmte regenerative Energieprojekte zu bekommen für die Bau- und Betriebsphase?</li> <li>• Akzeptanz; wie kann die Akzeptanz für eine Anlage zur Nutzung regenerativer Energien vor Ort bewertet und verbessert werden? Wie kann sie gemessen werden?</li> <li>• Organisation der Realisierung eines Projektes; wie wird der Bau einer Anlage zur Nutzung regenerativer Energien nach Abschluss der Planung organisiert?</li> <li>• Abnahme; Welche Abnahmestufen werden durchlaufen bis zum regulären Dauerbetrieb (VOB-Abnahme, sicherheitstechnische Abnahme, Abnahme durch Genehmigungsbehörde)</li> <li>• Beispiele; gute und weniger gute Beispiele einer Projektentwicklung</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Script zur Vorlesung mit Literaturhinweisen</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0014: Regenerative Energieprojekte in neuen Märkten	
<b>Typ</b>	Projektseminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Andreas Wiese
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Entwicklung der erneuerbaren Energien weltweit                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Historie</li> <li>▪ Zukünftige Märkte</li> </ul> </li> <li>◦ Besondere Herausforderungen in neuen Märkten - Übersicht</li> </ul> </li> <li>2. Beispielprojekt Windpark Korea                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Übersicht</li> <li>◦ Technische Beschreibung</li> <li>◦ Projektphasen und Besonderheiten</li> </ul> </li> <li>3. Förder- und Finanzierungsinstrumente für EE Projekten in neuen Märkten                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Übersicht Fördermöglichkeiten</li> <li>◦ Übersicht Länder mit Einspeisegesetzen</li> <li>◦ Wichtige Finanzierungsprogramme</li> </ul> </li> <li>4. CDM Projekte - Warum, wie, Beispiele                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Übersicht CDM Prozess</li> <li>◦ Beispiele</li> <li>◦ Übungsaufgabe CDM</li> </ul> </li> <li>5. Ländliche Elektrifizierung und Hybridsysteme - ein wichtiger Zukunftsmarkt für EE                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ländliche Elektrifizierung - Einführung</li> <li>◦ Typen von Elektrifizierungsprojekten</li> <li>◦ Die Rolle der EE</li> <li>◦ Auslegung von Hybridsystemen</li> <li>◦ Projektbeispiel: Hybridsystem Galapagos Inseln</li> </ul> </li> <li>6. Ausschreibungsverfahren für EE Projekte - Beispiele                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Südafrika</li> <li>◦ Brasilien</li> </ul> </li> <li>7. Ausgewählte Projektbeispiele aus der Sicht einer Entwicklungsbank - Wesley Urena Vargas, KfW Entwicklungsbank                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Geothermie</li> <li>◦ Wind oder CSP</li> </ul> </li> </ol> <p>Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Themenschwerpunkte aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p>
<b>Literatur</b>	Folien der Vorlesung

Lehrveranstaltung L0005: Ökonomische Aspekte von Energieprojekten	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Andreas Wiese
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Definitionen; Bedeutung der Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung für Projekte im Bereich "Regenerative Energien"; Preise und Kosten; Wirtschaftlichkeit von Energiesystemen versus Wirtschaftlichkeit von einzelnen Projekten</li> <li>• Kostenschätzungen und Kostenberechnungen             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Definitionen,</li> <li>◦ Kostenberechnung,</li> <li>◦ Kostenschätzung,</li> <li>◦ Berechnung von Kosten für Bereitstellung von Arbeit und Leistung,</li> <li>◦ Kostenübersichten für regenerative Energietechnologien,</li> <li>◦ Speicher: Kostenübersichten; Einfluss auf die Kosten erneuerbarer Energieprojekte</li> </ul> </li> <li>• Wirtschaftlichkeitsrechnung             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Definitionen,</li> <li>◦ Methoden: statische Verfahren, dynamische Verfahren (z. B. LCOE (levelised cost of electricity)),</li> <li>◦ Betriebswirtschaftliche versus volkswirtschaftliche Betrachtung,</li> <li>◦ Leistung und Arbeit bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung,</li> <li>◦ Speicher und ihr Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung</li> </ul> </li> <li>• Der Due Diligence Prozess als Begleiter der Wirtschaftlichkeitsanalyse</li> <li>• Berücksichtigung von Unsicherheiten bei Projekten zur Nutzung erneuerbarer Energien             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Definitionen,</li> <li>◦ Technische Unsicherheiten,</li> <li>◦ Kostenunsicherheiten,</li> <li>◦ Sonstige Unsicherheiten</li> </ul> </li> <li>• Projektfinanzierung             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Definitionen,</li> <li>◦ Projekt- versus Unternehmensfinanzierung,</li> <li>◦ Finanzierungsmodelle,</li> <li>◦ Eigenkapitalquote, DSCR,</li> <li>◦ Behandlung von Risiken in der Projektfinanzierung</li> </ul> </li> <li>• Fördermöglichkeiten für erneuerbare Energieprojekte             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Mögliche Förderansätze,</li> <li>◦ Gesetzliche Vorgaben in Deutschland (EEG),</li> <li>◦ Emissionshandel und Emissionszertifikate</li> </ul> </li> </ul>
<b>Literatur</b>	Script der Vorlesung

Modul M0822: Modellierung von Prozessen in der Wassertechnologie			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Modellierung der Prozesse der Abwasserbehandlung (L0522)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
Modellierung von Prozessen der Trinkwasseraufbereitung (L0314)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Klaus Johannsen		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Verständnis der wichtigsten Prozesse in der Trinkwasseraufbereitung und der Abwasserbehandlung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung detailliert beschreiben. Sie können die Grundlagen sowie die Möglichkeiten und Grenzen der dynamischen Modellierung erklären.		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende können die wichtigsten Funktionen der Programmiersprache Modelica anwenden. Sie können ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung detailliert im Hinblick auf Gleichgewicht, Kinetik und Stoffbilanzen in ein mathematisches Modell umsetzen und in OpenModelica realisieren. Studierende können Modelle selbst erstellen, anwenden und die Möglichkeiten und Grenzen einschätzen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in einer fachlich heterogenen Gruppe Problemstellungen lösen und diese dokumentieren. Sie können angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage eigenständig ein Problem zu definieren, sich das erforderliche Wissen anzueignen und daraus ein Modell zu erstellen.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0522: Modellierung der Prozesse der Abwasserbehandlung	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Joachim Behrendt
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Massen- und Energiebilanzen</p> <p>Tracer Modellierung</p> <p>Belebtschlammverfahren</p> <p>Kläranlage (kontinuierlich und als SBR)</p> <p>Schlammbehandlung (ADM, aerob autotherm)</p> <p>Biofilmmodellierung</p>
<b>Literatur</b>	<p><b>Henze, Mogens</b> (Seminar on Activated Sludge Modelling, ; Kollekolle Seminar on Activated Sludge Modelling, ;)                      Activated sludge modelling : processes in theory and practice ; selected proceedings of the 5th Kollekolle Seminar on Activated Sludge Modelling, held in Kollekolle, Denmark, 10 - 12 September 2001                      ISBN: 1843394146                      [London] : IWA Publ., 2002                      TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b>                      Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3                      ISBN: 1900222248                      London : IWA Publ., 2002                      TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b>                      Wastewater treatment : biological and chemical processes                      ISBN: 3540422285 (Pp.)                      Berlin [u.a.] : Springer, 2002                      TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Wiesmann, Udo</b> (Choi, In Su; Dombrowski, Eva-Maria;)                      Fundamentals of biological wastewater treatment                      ISBN: 3527312196 (Gb.) URL: <a href="http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm">http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm</a>                      Weinheim : WILEY-VCH, 2007                      TUB_HH_Katalog</p>

Lehrveranstaltung L0314: Process Modeling in Drinking Water Treatment	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Klaus Johannsen
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>In this course selected drinking water treatment processes (e.g. aeration or activated carbon adsorption) are modeled dynamically using the programming language Modelica, that is increasingly used in industry. In this course OpenModelica is used, an free access frontend of the programming language Modelica.</p> <p>In the beginning of the course the use of OpenModelica is explained by means of simple examples. Together required elements and structure of the model are developed. The implementation in OpenModelica and the application of the model is done individually or in groups respectively. Students get feedback and can gain extra points for the exam.</p>
<b>Literatur</b>	<p><b>OpenModelica:</b> <a href="https://openmodelica.org/index.php/download/download-windows">https://openmodelica.org/index.php/download/download-windows</a></p> <p><b>OpenModelica - Modelica Tutorial:</b> <a href="https://openmodelica.org/index.php/useresources/userdocumentation">https://openmodelica.org/index.php/useresources/userdocumentation</a></p> <p><b>OpenModelica - Users Guide:</b> <a href="https://openmodelica.org/index.php/useresources/userdocumentation">https://openmodelica.org/index.php/useresources/userdocumentation</a></p> <p><b>Peter Fritzson:</b> Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1, Wiley-IEEE Press, ISBN 0-471-471631.</p> <p><b>MHW (rev. by Crittenden, J. et al.):</b> Water treatment principles and design. John Wiley &amp; Sons, Hoboken, 2005.</p> <p><b>Stumm, W., Morgan, J.J.:</b> Aquatic chemistry. John Wiley &amp; Sons, New York, 1996.</p> <p><b>DVGW (Hrsg.):</b> Wasseraufbereitung - Grundlagen und Verfahren. Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2004.</p>

Modul M0801: Wasserressourcen und -versorgung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Chemie der Trinkwasseraufbereitung (L0311)	Vorlesung	2	1
Chemie der Trinkwasseraufbereitung (L0312)	Hörsaalübung	1	2
Wasserressourcenmanagement (L0402)	Vorlesung	2	2
Wasserressourcenmanagement (L0403)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mathias Ernst		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Kenntnis wasserwirtschaftlicher Maßnahmenfelder sowie der zentralen Prozesse der Trinkwasseraufbereitung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können Konfliktfelder wasserwirtschaftlichen Maßnahmen und deren gegenseitige Abhängigkeit für eine nachhaltige Wasserversorgung skizzieren. Sie können relevante ökonomische, ökologische und soziale Aspekte wiedergeben. Die Studierenden können Organisationsstrukturen von Wasserversorgungsunternehmen erläutern und einordnen. Sie können verfügbare Trinkwasseraufbereitungsverfahren in der Breite der Anwendungen erklären.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierende können komplexe Problemfelder aus Sicht der Trinkwassergewinnung einordnen und Lösungsansätze für wasserwirtschaftliche sowie technische Maßnahmen aufstellen. Sie können hierfür anwendbare Bewertungsmethoden einordnen. Die Studierenden sind in der Lage wasserchemische Berechnungen für ausgewählte Aufbereitungsprozessen durchzuführen. Sie können ausgewählte allgemein anerkannte Regeln der Technik auf Prozesse der Trinkwasseraufbereitung anwenden.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studierenden können in einer fachlich heterogenen Gruppe gemeinsam komplexe Lösungen für das Management sowie die Aufbereitung von Trinkwasser erarbeiten und dokumentieren. Sie können professionell z.B. als Vertreter/in von Nutzungsinteressen angemessen Stellung beziehen. Sie können in fachlich gemischten Teams gemeinsame Lösungen entwickeln und diese vor anderen vertreten.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage selbstständig ein Thema zu erarbeiten und dieses zu präsentieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 min (Chemie) + Referat (WRM)		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Pflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenanbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0311: Chemie der Trinkwasseraufbereitung	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 2, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Klaus Johannsen
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>In der Vorlesung wird das für die Praxis relevante wasserchemische Wissen mit Bezug auf die Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung vermittelt.</p> <p>Die Themenschwerpunkte sind Löslichkeit von Gasen, Kohlensäure-Gleichgewicht, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, Entsäuerung, Mischung von Wässern, Enthärtung, Redoxprozesse, Werkstoffe sowie gesetzliche Anforderungen an die Aufbereitung. Alle Themen werden vor dem Hintergrund der allgemein anerkannten Regeln der Technik (DVGW-Regelwerk, DIN-Normen) praxisnah behandelt.</p> <p>Ein wesentlicher Teil der Veranstaltung sind Berechnungen anhand realer Analysendaten (z.B. Berechnung des pH-Wertes und der Calcitlösekapazität). Zu jeder Einheit gibt es Übungen und Hausaufgaben. Durch das Lösen der Hausaufgaben erhalten die Studierenden ein Feedback und können Bonuspunkte für die Klausur erwerben.</p> <p>Da Kenntnisse der Wasseraufbereitungsprozesse von großer Bedeutung sind, werden diese in Abstimmung mit der Vorlesung „Wasserressourcenmanagement“ zu Beginn des Semesters erklärt.</p>
<b>Literatur</b>	<p><b>MHW (rev. by Crittenden, J. et al.):</b> Water treatment principles and design. John Wiley &amp; Sons, Hoboken, 2005.</p> <p><b>Stumm, W., Morgan, J.J.:</b> Aquatic chemistry. John Wiley &amp; Sons, New York, 1996.</p> <p><b>DVGW (Hrsg.):</b> Wasseraufbereitung - Grundlagen und Verfahren. Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2004.</p> <p><b>Jensen, J. N.:</b> A Problem Solving Approach to Aquatic Chemistry. John Wiley &amp; Sons, Inc., New York, 2003.</p>

Lehrveranstaltung L0312: Chemie der Trinkwasseraufbereitung	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Klaus Johannsen
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0402: Wasserressourcenmanagement	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Die Vorlesung vermittelt weitergehende Kenntnisse zur den Abhängigkeiten des Wasserressourcenmanagements mit Blick auf die Trinkwasserversorgung. Die aktuelle Situation der globalen Wasserressourcen wird dargestellt, Abhängigkeiten zwischen Nutzungsinteressen erarbeitet und internationale Beispiele für „Best-Practice“ sowie unzureichenden Wasserressourcenmanagements präsentiert und diskutiert. Entsprechend werden den Studierenden notwendige Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für ein „integriertes Wasserressourcenmanagement“ vermittelt. Mit Bezug zum EU Raum und insbesondere Deutschland werden weiterhin Aspekte relevanter Rechtsnormen, administrative Strukturen der Wasserversorgung sowie Fragen der Organisation von Trinkwasserversorgungsunternehmen (kommunal, privat, public privat partnership) vermittelt. Managementinstrumente wie das Life-Cycle Assessment, Modelle des Benchmarkings sowie der Wasserdarboferfassung werden für die Trinkwasserversorgung präsentiert und diskutiert. Die Inhalte der Vorlesung schließen wo möglich und sinnvoll, regionale Bezüge mit ein.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelle UN World Water Development Reports</li> <li>• Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft, VKU (2011)</li> <li>• Aktuelle Artikel wissenschaftlicher Zeitschriften</li> <li>• Ppt der Vorlesung</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0403: Wasserressourcenmanagement</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung



Modul M0802: Membrane Technology			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Membrantechnologie (L0399)		Vorlesung	2              3
Membrantechnologie (L0400)		Gruppenübung	1              2
Membrantechnologie (L0401)		Laborpraktikum	1              1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Mathias Ernst		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of water chemistry. Knowledge of the core processes involved in water, gas and steam treatment		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Students will be able to rank the technical applications of industrially important membrane processes. They will be able to explain the different driving forces behind existing membrane separation processes. Students will be able to name materials used in membrane filtration and their advantages and disadvantages. Students will be able to explain the key differences in the use of membranes in water, other liquid media, gases and in liquid/gas mixtures.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students will be able to prepare mathematical equations for material transport in porous and solution-diffusion membranes and calculate key parameters in the membrane separation process. They will be able to handle technical membrane processes using available boundary data and provide recommendations for the sequence of different treatment processes. Through their own experiments, students will be able to classify the separation efficiency, filtration characteristics and application of different membrane materials. Students will be able to characterise the formation of the fouling layer in different waters and apply technical measures to control this.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students will be able to work in diverse teams on tasks in the field of membrane technology. They will be able to make decisions within their group on laboratory experiments to be undertaken jointly and present these to others.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students will be in a position to solve homework on the topic of membrane technology independently. They will be capable of finding creative solutions to technical questions.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0399: Membrane Technology</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>The lecture on membrane technology supply provides students with a broad understanding of existing membrane treatment processes, encompassing pressure driven membrane processes, membrane application in electro dialysis, pervaporation as well as membrane distillation. The lectures main focus is the industrial production of drinking water like particle separation or desalination; however gas separation processes as well as specific wastewater oriented applications such as membrane bioreactor systems will be discussed as well.</p> <p>Initially, basics in low pressure and high pressure membrane applications are presented (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis). Students learn about essential water quality parameter, transport equations and key parameter for pore membrane as well as solution diffusion membrane systems. The lecture sets a specific focus on fouling and scaling issues and provides knowledge on methods how to tackle with these phenomena in real water treatment application. A further part of the lecture deals with the character and manufacturing of different membrane materials and the characterization of membrane material by simple methods and advanced analysis.</p> <p>The functions, advantages and drawbacks of different membrane housings and modules are explained. Students learn how an industrial membrane application is designed in the succession of treatment steps like pre-treatment, water conditioning, membrane integration and post-treatment of water. Besides theory, the students will be provided with knowledge on membrane demo-site examples and insights in industrial practice.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Melin, R. Rautenbach: Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung (2., erweiterte Auflage), Springer-Verlag, Berlin 2004.</li> <li>• Marcel Mulder, Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands</li> <li>• Richard W. Baker, Membrane Technology and Applications, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Ltd., 2004</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0400: Membrane Technology</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0401: Membrane Technology</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Mathias Ernst
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Industrielle Biotechnologie in der Chemischen Industrie (L2276)		Seminar	2
Praxis in der Bioverfahrenstechnik (L2275)		Seminar	2
			<b>LP</b>
			3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Andreas Liese		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	After successful completion of the module		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>the students can outline the current status of research on the specific topics discussed</li> <li>the students can explain the basic underlying principles of the respective industrial biotransformations</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	After successful completion of the module students are able to		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>analyze and evaluate current research approaches</li> <li>plan industrial biotransformations basically</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to work together as a team with several students to solve given tasks and discuss their results in the plenary and to defend them.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students are able independently to present the results of their subtasks in a presentation		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	je Veranstaltung 15 min Vortrag and 15 min Diskussion		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprosesstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2276: Industrial biotechnology in Chemical Industry	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Stephan Freyer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	This course gives an insight into the applications, processes, structures and boundary conditions in industrial practice. Various concrete applications of the technology, markets and other questions that will significantly influence the plant and process design will be shown.
<b>Literatur</b>	Chmiel H (ed). Bioprosesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]  Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.  Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a>  Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003  Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprosesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage  Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a>  Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts

<b>Lehrveranstaltung L2275: Practice in bioprocess engineering</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Wilfried Blümke
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Content of this course is a concrete insight into the principles, processes and structures of an industrial biotechnology company. In addition to practical illustrative examples, aspects beyond the actual process engineering area are also addressed, such as e.g. Sustainability and engineering.
<b>Literatur</b>	<p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p>

Modul M1354: Advanced Fuels			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe (L2414)	Vorlesung	2	2
Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor (L1926)	Vorlesung	1	1
Mobilität und Klimaschutz (L2416)	Gruppenübung	2	2
Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen (L2415)	Vorlesung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Martin Kaltschmitt		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden lernen innerhalb des Moduls verschiedene Bereitstellungspfade zur Herstellung von Advanced Fuels (Biokraftstoffe wie z. B. Alcohol-to-Jet; Strom-basierte Kraftstoffe wie z. B. Power-to-Liquid) kennen. Dazu werden die verschiedenen Verfahrensketten erläutert und die regulatorischen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Kraftstoffproduktion beleuchtet. Hierzu gehören beispielsweise die Anforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II sowie die Voraussetzungen und Aspekte für einen Markthochlauf dieser Kraftstoffe. Für die ganzheitliche Bewertung der verschiedenen Kraftstoffoptionen werden diese abschließend unter ökologischen und ökonomischen Faktoren betrachtet.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme des Moduls in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Kraftstoffproduktionsprozessen bzw. den entsprechenden Bereitstellungsketten</li> <li>• Umfangreiche Analyse verschiedener Kraftstoffbereitstellungsoptionen in technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht</li> </ul> <p>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Vorlesungen und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Fragestellungen und die für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte definieren.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja 20 %	Schriftliche Ausarbeitung	Details werden in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben.
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Produktion und Logistik: Wahlpflicht Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Infrastruktur und Mobilität: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2414: Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Martin Kaltschmitt
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine Übersicht über verschiedene strombasierte Kraftstoffe und deren Prozesspfade, u.a. Power-to-Liquid Prozess (Fischer-Tropsch-Synthese, Methanol Synthese), Power-to-Gas (Sabatier-Prozess)</li> <li>Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorlesungsskript</li> </ul>

Lehrveranstaltung L1926: Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Karsten Wilbrand
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine Übersicht über verschiedene Advanced Biofuels und deren Prozesspfade (u.a. Gas-to-Liquid, HEFA und Alcohol-to-Jet Prozesse)</li> <li>Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Babu, V.: Biofuels Production. Beverly, Mass: Scrivener [u.a.], 2013</li> <li>Olsson, L.: Biofuels. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007</li> <li>William, L. L.: Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5</li> <li>Perry, R.; Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 20</li> <li>Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014</li> <li>Kaltschmitt, M.; Neuling, U. (Ed.): Biokerosene - Status and Prospects; Springer, Berlin, Heidelberg, 2018</li> </ul>

Lehrveranstaltung L2416: Mobilität und Klimaschutz	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Benedikt Buchspies, Dr. Karsten Wilbrand
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Anwendung der erlernten theoretischen Kenntnisse aus den jeweiligen Vorlesungen anhand konkreter Aufgaben aus der Praxis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auslegung und Simulation von Teilprozessen der Produktionsprozesse in Aspen Plus ®</li> <li>Ökologische und ökonomische Analyse von Kraftstoffbereitstellungspfaden</li> <li>Einordnung von Fallbeispielen in geltende Regularien</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Skriptum zur Vorlesung</li> <li>Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide</li> </ul>

Lehrveranstaltung L2415: Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Benedikt Buchspies
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Gesamtheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Kraftstoffpfade mit u. a folgenden Themenschwerpunkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Kraftstoffe</li> <li>• Ökonomische Betrachtung der verschiedenen alternativen Kraftstoffe</li> <li>• Regulatorischer Rahmen alternativer Kraftstoffe</li> <li>• Zertifizierung von alternativen Kraftstoffen</li> <li>• Markteinführungsmodelle alternativer Kraftstoffe</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• European Commission - Joint Research Center (2010): International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. Joint Research Center (JRC) Institut for Environment and Sustainability, Luxembourg</li> <li>• Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen</li> </ul>

Modul M1796: Magnetic resonance in engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Grundlagen der Magnetresonanz (L2968)		Vorlesung	3            3
Magnetresonanz in den Ingenieurwissenschaften (L2969)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Stefan Benders		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	No special previous knowledge is necessary.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	This module covers the fundamentals of nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) and magnetic resonance imaging (MRI) and their applications in engineering disciplines. The module consists of a classical lecture complemented by a problem-based learning course that includes practical hands-on experience on magnetic resonance devices. The module will be held in English.		
<i>Fertigkeiten</i>	After the successful completion of the course the students shall:  1. Understand the physical principles and practical aspects of magnetic resonance in engineering. 2. Know how to safely operate NMR and MRI systems. 3. Know how to run standard experimental sequences and how to implement more advanced sequence protocols. 4. Have an overview of the current capabilities and limits of the MR technique		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	In the problem-based course Magnetic Resonance in Engineering, the students will obtain hands-on experience on how to operate NMR spectrometers and high-field and low-field MRI systems. The course will cover safety aspects, pulse sequence design, spectral image analysis, and image reconstruction. The students will work in small groups on practical tasks on different NMR and MRI systems located at the campus of TUHH.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Through the practical character of the PBL course, the student shall improve their communication skills.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Materials Science and Engineering: Vertiefung Engineering Materials: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		



<b>Lehrveranstaltung L2968: Fundamentals of Magnetic Resonance</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Stefan Benders
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>This lecture covers the fundamentals magnetic resonance imaging (MRI) and magnetic resonance spectroscopy (NMR). It focuses on the following topics:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The fundamentals of magnetic resonance: magnetism, magnetic fields, radiofrequency, spin, relaxation</li> <li>2. Hardware for magnetic resonance: magnets (high-field and low-field), radiofrequency coil design, magnetic field gradients</li> <li>3. NMR-Spectroscopy: chemical shift, J-Coupling, 2D NMR, solid-state, MAS</li> <li>4. Relaxometry: single-sided NMR, contrasts,</li> <li>5. Magnetic resonance imaging (MRI): gradients, coils, k-space, imaging sequences, ultrafast Imaging, parallel imaging, velocimetry, CEST</li> <li>6. Hyperpolarization techniques: DNP, p-H2, optical pumping with Xe</li> <li>7. Applications of magnetic resonance in chemical engineering</li> <li>8. Applications of magnetic resonance in material science and engineering</li> <li>9. Applications of magnetic resonance in biomedical engineering</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<p>Stapf, S., &amp; Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8</p> <p>Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524 , doi: <a href="https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001">https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001</a></p> <p>Brown R. W., Cheng Y. N., Haacke E. M., Thompson M. R., Venkatesan R., (2014) Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953</p> <p>Haber-Pohlmeier, Sabina, Bernhard Blumich, and Luisa Ciobanu, (2022) Magnetic Resonance Microscopy: Instrumentation and Applications in Engineering, Life Science, and Energy Research. John Wiley &amp; Sons</p>

<b>Lehrveranstaltung L2969: Magnetic Resonance in Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Stefan Benders
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>In this course, the theoretical basics of magnetic resonance spectroscopy and magnetic resonance tomography are supplemented with practical experiments on the respective devices. The practical handling and operation of the equipment will be learned.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Stapf, S., &amp; Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8</p> <p>Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524, doi: <a href="https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001">https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001</a></p> <p>Brown R. W., Cheng Y. N., Haacke E. M., Thompson M. R., Venkatesan R., (2014) Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953</p>

Modul M2003: Biological Waste Treatment			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Abfall- und Umweltchemie (L0328)		Laborpraktikum	2              2
Biologische Abfallbehandlung (L0318)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3              4
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Kerstin Kuchta		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	chemical and biological basics		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	The module aims possess knowledge concerning the planning of biological waste treatment plants. Students are able to explain the design and layout of anaerobic and aerobic waste treatment plants in detail, describe different techniques for waste gas treatment plants for biological waste treatment plants and explain different methods for waste analytics.		
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able to discuss the compilation of design and layout of plants. They can critically evaluate techniques and quality control measurements. The students can recherche and evaluate literature and date connected to the tasks given in der module and plan additional tests. They are capable of reflecting and evaluating findings in the group.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can participate in subject-specific and interdisciplinary discussions, develop cooperated solutions and defend their own work results in front of others and promote the scientific development in front of colleagues. Furthermore, they can give and accept professional constructive criticism.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students can independently tap knowledge from literature, business or test reports and transform it to the course projects. They are capable, in consultation with supervisors as well as in the interim presentation, to assess their learning level and define further steps on this basis. Furthermore, they can define targets for new application-or research-oriented duties in accordance with the potential social, economic and cultural impact.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Ausarbeitung und Präsentation (15-25 Minuten in Gruppen)		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Environmental Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0328: Waste and Environmental Chemistry</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>The participants are divided into groups. Each group prepares a transcript on the experiment performed, which is then used as basis for discussing the results and to evaluate the performance of the group and the individual student.</p> <p>In some experiments the test procedure and the results are presented in seminar form, accompanied by discussion and results evaluation.</p> <p>Experiments ar e.g.</p> <p>Screening and particle size determination</p> <p>Fos/Tac</p> <p>AAS</p> <p>Chalorific value</p>
<b>Literatur</b>	Scripte

<b>Lehrveranstaltung L0318: Biological Waste Treatment</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction</li> <li>2. biological basics</li> <li>3. determination process specific material characterization</li> <li>4. aerobic degradation ( Composting, stabilization)</li> <li>5. anaerobic degradation (Biogas production, fermentation)</li> <li>6. Technical layout and process design</li> <li>7. Flue gas treatment</li> <li>8. Plant design practical phase</li> </ol>
<b>Literatur</b>	

Modul M2033: Subsurface Processes			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Modeling of Subsurface Processes (L2731)		Gruppenübung	3
Subsurface Solute Transport (L2728)		Vorlesung	2
Subsurface Solute Transport (L2729)		Hörsaalübung	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Nima Shokri		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic Mathematics, Hydrology		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Upon completion of this module, the students will understand the mechanisms controlling solute transport in soil and natural porous media and will be able to work with the equations that govern the fate and transport of solutes in porous media. Analytical, numerical and experimental tools and techniques will be used in this module.		
<i>Fertigkeiten</i>	In addition to the physical insights, the students will be exposed to analytical, experimental and numerical tools and techniques in this module. This provides them with an excellent opportunity to improve their skills on multiple fronts which will be useful in their future career.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Teamwork & problem solving		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students will be involved in writing individual reports and presentation. This will contribute to the students' ability and willingness to work independently and responsibly.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Report		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Modellierung und Simulation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Environmental Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2731: Modeling of Subsurface Processes	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Milad Aminzadeh
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Basic usage and background of chosen computer software to calculate flow and transport in the saturated and unsaturated zone and to analyze field data like pumping test data
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L2728: Subsurface Solute Transport	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Nima Shokri
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Basic physical properties of soil: Definition and quantification; Liquid flow in soils (Darcy's law); Solute transport in soils; Practical analysis to measure dispersion coefficient in soil under different boundary conditions; Advanced topics (e.g. Application of Artificial Intelligence to predict soil salinization)
<b>Literatur</b>	- Environmental Soil Physics, by Daniel Hillel - Soil Physics, Sixth Edition, by William A. Jury and Robert Horton

<b>Lehrveranstaltung L2729: Subsurface Solute Transport</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Hannes Nevermann
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M2019: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application (L3283)		Vorlesung	3              6
Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application (L3284)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Timm Faulwasser		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic of control engineering (stability, simple control designs), state space models in control, differential equations.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Static and dynamic optimization methods, optimal control and numerical solution methods, design and implementation of model predictive control schemes in sampled-data fashion, dissipativity notions for optimal control.		
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able to formulate and to solve problems of operation and control of technical systems on their own. The students are able to understand and to analyze the interplay of problem formulation and efficiency aspects of numerical solutions and to deduce problem-specific formulations. They know how to apply and to implement optimization methods to practical problems. Furthermore, the students can tackle complex problems of predictive control by means of abstraction, they are able to document their results in written form. The students are able to design predictive controllers for nonlinear systems and to validate them by means of simulation.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Interaction in interdisciplinary teams, meeting of project deadlines.		
<i>Selbstständigkeit</i>	<b>Compare to Fachkompetenz (Fertigkeiten)</b>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 200, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	9		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Nein      20 %	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3283: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Timm Faulwasser
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L3284: Nonlinear Model Predictive Control - Theory and Application	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Timm Faulwasser
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M2006: Waste Treatment and Recycling			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Planung von Abfallbehandlungsanlagen (L3267)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Recyclingtechnologien und Thermische Abfallbehandlung (L3265)	Vorlesung	2	2
Recyclingtechnologien und Thermische Abfallbehandlung (L3266)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Kerstin Kuchta		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of thermo dynamics</li> <li>• Basics of fluid dynamics</li> <li>• fluid dynamics chemistry</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The students can name, describe current issue and problems in the field of waste treatment (mechanical, chemical and thermal) and contemplate them in the context of their field.</p> <p>The industrial application of unit operations as part of process engineering is explained by actual examples of waste technologies . Compostion, particle sizes, transportation and dosing of wastes are described as important unit operations .</p> <p>Students will be able to design and design waste treatment technology equipment.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to select suitable processes for the treatment of wastes or raw material with respect to their characteristics and the process aims. They can evaluate the efforts and costs for processes and select economically feasible treatment concepts.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Students can</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• respectfully work together as a team and discuss technical tasks</li> <li>• participate in subject-specific and interdisciplinary discussions,</li> <li>• develop cooperated solutions</li> <li>• promote the scientific development and accept professional constructive criticism.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students can independently tap knowledge of the subject area and transform it to new questions. They are capable, in consultation with supervisors, to assess their learning level and define further steps on this basis. Furthermore, they can define targets for new application-or research-oriented duties in accordance with the potential social, economic and cultural impact.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L3267: Planning of waste treatment plants</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Rüdiger Siechau
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>The focus is on getting to know the organization and practice of waste management companies. Topics such as planning, financing and logistics will be discussed and there will be an excursion (waste incineration plant, vehicle fleet and collection systems / containers).</p> <p>Project based learning: You will be given a task to work on independently in groups of 4 to 6 students. All tools and data needed for the project work will be discussed in the lecture "Recycling Technologies and Thermal Waste Treatment". Course documents can be downloaded from StudIP. Communication during the project work also takes place via StudIP.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Abfallwirtschaft; Martin Kranert, Klaus Cord-Landwehr (Hrsg.); Vieweg + Teubner Verlag; 2010</li> <li>• PowerPoint Präsentationen in Stud IP</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L3265: Recycling technologies and thermal waste treatment</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction, actual state-of-the-art of waste incineration, aims. legal background, reaction principals</li> <li>• basics of incineration processes: waste composition, calorific value, calculation of air demand and flue gas composition</li> <li>• Incineration techniques: grate firing, ash transfer, boiler</li> <li>• Flue gas cleaning: Volume, composition, legal frame work and emission limits, dry treatment, scrubber, de-nox techniques, dioxin elimination, Mercury elimination</li> <li>• Ash treatment: Mass, quality, treatment concepts, recycling, disposal</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Thermische Abfallbehandlung Bande 1-7. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 196 - 2013.

<b>Lehrveranstaltung L3266: Recycling technologies and thermal waste treatment</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Kerstin Kuchta
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung



**Thesis**

Modul M-002: Masterarbeit			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Professoren der TUHH		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laut ASPO § 21 (1): Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss.</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	keine		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können das Spezialwissen (Fakten, Theorien und Methoden) ihres Studienfaches sicher zur Bearbeitung fachlicher Fragestellungen einsetzen.</li> <li>Die Studierenden können in einem oder mehreren Spezialbereichen ihres Faches die relevanten Ansätze und Terminologien in der Tiefe erklären, aktuelle Entwicklungen beschreiben und kritisch Stellung beziehen.</li> <li>Die Studierenden können eine eigene Forschungsaufgabe in ihrem Fachgebiet verorten, den Forschungsstand erheben und kritisch einschätzen.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage, für die jeweilige fachliche Problemstellung geeignete Methoden auszuwählen, anzuwenden und ggf. weiterzuentwickeln.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, im Studium erworbenes Wissen und erlernte Methoden auch auf komplexe und/oder unvollständig definierte Problemstellungen lösungsorientiert anzuwenden.</li> <li>Die Studierenden können in ihrem Fachgebiet neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und diese kritisch beurteilen.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Studierende können                             <ul style="list-style-type: none"> <li>eine wissenschaftliche Fragestellung für ein Fachpublikum sowohl schriftlich als auch mündlich strukturiert, verständlich und sachlich richtig darstellen.</li> <li>in einer Fachdiskussion Fragen fachkundig und zugleich adressatengerecht beantworten und dabei eigene Einschätzungen überzeugend vertreten.</li> </ul> </li> </ul>		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind fähig, <ul style="list-style-type: none"> <li>ein eigenes Projekt in Arbeitspakete zu strukturieren und abzuarbeiten.</li> <li>sich in ein teilweise unbekanntes Arbeitsgebiet des Studiengangs vertieft einzuarbeiten und dafür benötigte Informationen zu erschließen.</li> <li>Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens umfassend in einer eigenen Forschungsarbeit anzuwenden.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 900, Präsenzstudium 0		
<b>Leistungspunkte</b>	30		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Abschlussarbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	laut ASPO		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Computer Science: Abschlussarbeit: Pflicht Data Science: Abschlussarbeit: Pflicht Elektrotechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Energietechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Environmental Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Flugzeug-Systemtechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Global Innovation Management: Abschlussarbeit: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Information and Communication Systems: Abschlussarbeit: Pflicht Interdisciplinary Mathematics: Abschlussarbeit: Pflicht International Production Management: Abschlussarbeit: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht		

Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Abschlussarbeit: Pflicht  
Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Abschlussarbeit: Pflicht  
Luftfahrttechnik: Abschlussarbeit: Pflicht  
Materials Science and Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht  
Materialwissenschaft: Abschlussarbeit: Pflicht  
Mechanical Engineering and Management: Abschlussarbeit: Pflicht  
Mechatronics: Abschlussarbeit: Pflicht  
Mediziningenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht  
Microelectronics and Microsystems: Abschlussarbeit: Pflicht  
Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Abschlussarbeit: Pflicht  
Regenerative Energien: Abschlussarbeit: Pflicht  
Schiffbau und Meerestechnik: Abschlussarbeit: Pflicht  
Ship and Offshore Technology: Abschlussarbeit: Pflicht  
Theoretischer Maschinenbau: Abschlussarbeit: Pflicht  
Verfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht  
Wasser- und Umweltingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht  
Zulassungs- und Sachverständigenwesen in der Luftfahrt: Abschlussarbeit: Pflicht