



Modulhandbuch

Master of Science (M.Sc.)

Bioverfahrenstechnik

Kohorte: Wintersemester 2024

Stand: 12. Mai 2025

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Studiengangsbeschreibung	4
Fachmodule der Kernqualifikation	6
Modul M0523: Betrieb & Management	6
Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	7
Modul M0540: Transport Processes	9
Modul M0545: Separation Technologies for Life Sciences	12
Modul M0973: Biocatalysis	15
Modul M1970: Prozessmodellierung und Prozessführung	17
Modul M0895: Chemische Reaktionstechnik - Vertiefung	19
Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering	23
Modul M0914: Technical Microbiology	27
Modul M0904: Projektierungskurs	29
Modul M0951: Bioprocess Engineering Advanced Practical Course	30
Fachmodule der Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik	32
Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien	32
Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik	35
Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	39
Modul M0874: Abwassersysteme	41
Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy	44
Modul M0898: Heterogeneous Catalysis	46
Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik	48
Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen	51
Modul M1709: Applied optimization in energy and process engineering	54
Modul M1954: Process Simulation and Process Safety	56
Modul M2028: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering	59
Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik	62
Modul M2029: Process Imaging	64
Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications	66
Modul M0542: Strömungsmechanik in der Verfahrenstechnik	68
Modul M0633: Industrial Process Automation	71
Modul M0742: Thermische Energiesysteme	73
Modul M0802: Membrane Technology	75
Modul M0900: Examples in Solid Process Engineering	77
Modul M0990: Studienarbeit Bioverfahrenstechnik	79
Modul M1017: Lebensmittelverfahrenstechnik	80
Modul M0662: Numerical Mathematics I	82
Modul M1736: Industrial Homogeneous Catalysis	84
Modul M1354: Advanced Fuels	86
Modul M1796: Magnetic resonance in engineering	89
Modul M1955: Process Intensification in Process Engineering	91
Modul M1966: Mathematische Bildverarbeitung	93
Modul M0636: Cell and Tissue Engineering	95
Modul M2006: Waste Treatment and Recycling	97
Modul M2003: Biological Waste Treatment	99
Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik	101
Modul M2084: Scaling of bioprocesses	103
Modul M2170: SMART Reactors	105
Modul M2171: Sustainable Process Design Project	107
Modul M1294: Bioenergie	109
Fachmodule der Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik	113
Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik	113
Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik	117
Modul M1954: Process Simulation and Process Safety	119
Modul M2028: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering	122
Modul M2029: Process Imaging	125
Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik	127
Modul M0802: Membrane Technology	129
Modul M0990: Studienarbeit Bioverfahrenstechnik	131
Modul M1354: Advanced Fuels	132
Modul M1796: Magnetic resonance in engineering	135
Modul M1955: Process Intensification in Process Engineering	137
Modul M0636: Cell and Tissue Engineering	139
Modul M2084: Scaling of bioprocesses	141
Modul M2170: SMART Reactors	143
Modul M2171: Sustainable Process Design Project	145
Fachmodule des Schwerpunktes Energie- und Bioprozesstechnik	147
Modul M1303: Energieprojekte - Entwicklung und Bewertung	147
Modul M1294: Bioenergie	152
Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen	156
Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik	159

Modul M2029: Process Imaging	161
Modul M1354: Advanced Fuels	163
Modul M1796: Magnetic resonance in engineering	166
Modul M2170: SMART Reactors	168
Fachmodule des Schwerpunktes Management und Controlling	170
Modul M1002: Produktions- und Logistikmanagement	170
Modul M1003: Produktionscontrolling	173
Modul M2004: Sustainable Circular Economy	177
Modul M1888: Environmental protection management	179
Modul M0996: Supply Chain Management	180
Thesis	183
Modul M-002: Masterarbeit	183

Studiengangsbeschreibung

Inhalt

Das Studium der Bioverfahrenstechnik mit Abschluss Master of Science an der TUHH bereitet seine Absolventinnen und Absolventen auf führende Positionen in ingenieurwissenschaftlichen Tätigkeiten in der bioverfahrenstechnisch ausgerichteten Industrie (u. a. bei Umwelt-, Medizin-, Pharma-, Lebensmittel-, Energie- und Chemietechnik), bei Fachbehörden in diesem Bereich sowie auf selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten in der Forschung 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 Abschlussarbeiten und Seminarbeiträgen).

Aufbauend auf den Grundlagen aus dem Bachelorstudiengang Bioverfahrenstechnik umfasst das Masterstudium Bioverfahrenstechnik ein breites bioverfahrenstechnisches Fachstudium sowie eine wissenschaftliche Vertiefung der Ausbildung. Damit biotechnologische Prozesse entwickelt, dargestellt oder optimiert werden können, sind Kenntnisse aus verschiedenen Disziplinen erforderlich. Innerhalb des Studiengangs Bioverfahrenstechnik wird daher auf grundlagen- und methodenorientiertes, interdisziplinär ausgerichtetes Wissen besonderer Wert gelegt. Ziel ist dabei die quantitative und ganzheitliche Betrachtung, die Analyse, Synthese und Optimierung komplexer bioverfahrenstechnischer Systeme.

Das Studium ist in eine grundlagenorientierte Kernqualifikation (66 LP) und eine anwendungsbezogene Vertiefung (24 LP) zuzüglich der Masterarbeit (30 LP) aufgeteilt. In der Kernqualifikation werden neben weiterführenden mikrobiologischen und biochemischen Grundlagen vor allem vertiefte Kenntnisse in Gebieten wie der Bioverfahrenstechnik, der chemischen Verfahrenstechnik, der Fluid- und Trenntechnik sowie der Prozess- und Anlagentechnik vermittelt. Praktika werden in Mikrobiologie und Bioverfahrenstechnik (beides als Fortgeschrittenenpraktikum) angeboten. Ein Projektierungskurs mit der Ausarbeitung von (bio)verfahrenstechnischen Prozessen ist Bestandteil des Studiums.

Zur Vertiefung der Grundlagen und zur Schwerpunktbildung gibt es drei Vertiefungsrichtungen: A.) Allgemeine Bioverfahrenstechnik; B.) Industrielle Bioverfahrenstechnik; und C.) Bioökonomische Verfahrenstechnik. Zu jeder der Vertiefungen sind Veranstaltungen als Fachmodule des Wahlpflichtbereiches aus einem entsprechenden Katalog auszuwählen.

Eine der Besonderheiten des Studiengangs ist der starke Bezug zu industrieller Biotechnologie, unter anderem durch Lehraufträge an leitende Industriefachkollegen von Großkonzernen wie BASF und Evonik, die Lehrveranstaltungen wie „Industrielle Bioprozesstechnik“ und „Industrielle Bioprozesse in der Praxis“ an der TUHH anbieten.

Lernziele

Wissen

- Die Absolvent*innen sind in der Lage, vertiefte und umfangreiche ingenieurwissenschaftliche, mathematische und naturwissenschaftliche Kenntnisse wiederzugeben und neuere Erkenntnisse ihrer Disziplin kritisch zu bewerten.
- Die Absolvent*innen können die in der Bioverfahrenstechnik und angrenzenden Disziplinen auftretenden Phänomene erklären.
- Die Absolvent*innen können die grundlegenden Prinzipien der Bioverfahrenstechnik zur Auslegung, Modellierung und Simulation biologischer Prozesse und chemischer Reaktionen, von Energie-, Stoff- und Impulstransportprozessen, von Trennprozessen auf der Mikro-, Meso- und Makroskala sowie zum Betrieb entsprechender Anlagen erläutern.
- Die Absolvent*innen sind in der Lage, die Grundzüge der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zu beschreiben.
- Die Absolvent*innen können rechtliche Aspekte im Zusammenhang mit bioverfahrenstechnischen Prozessen und Produktionsanlagen berücksichtigen.

Fertigkeiten

- Die Absolvent*innen können auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik mit Schwerpunkt auf Biotechnologien und angrenzenden Disziplinen wissenschaftlich zu arbeiten.
- Die Absolvent*innen sind in der Lage, Probleme wissenschaftlich zu analysieren und zu lösen, auch wenn sie unüblich oder unvollständig definiert sind und konkurrierende Spezifikationen aufweisen.
- Die Absolvent*innen können komplexe Problemstellungen aus einem neuen oder in der Entwicklung begriffenen Bereich ihrer Disziplin zu abstrahieren und zu formulieren
- Die Absolvent*innen sind in der Lage, innovative Methoden bei der grundlagenorientierten Problemlösung anzuwenden und neue wissenschaftliche Methoden zu entwickeln.
- Die Absolvent*innen können theoretische und experimentelle Untersuchungen planen und durchführen und die erhaltenen Daten kritisch bewerten und daraus Schlüsse ziehen.
- Die Absolvent*innen sind qualifiziert, die Anwendung von neuen und aufkommenden Technologien zu untersuchen und zu bewerten.
- Die Absolvent*innen können neue Produkte, Prozesse und Methoden kreieren und entwickeln.

Sozialkompetenz

- Die Absolvent*innen sind qualifiziert, mit Fachleuten anderer Disziplinen zusammenzuarbeiten und die Ergebnisse ihrer Arbeit schriftlich und mündlich adressatengerecht zu präsentieren.
- Die Absolvent*innen können über Inhalte und Probleme der Bioverfahrenstechnik mit Fachleuten und Laien in deutscher und englischer Sprache zu kommunizieren. Sie können auf Nachfragen, Ergänzungen und Kommentare geeignet reagieren.
- Die Absolvent*innen können in Gruppen zu arbeiten. Sie können Teilaufgaben definieren, verteilen und integrieren. Sie können zeitliche Vereinbarungen treffen und sozial interagieren.

Selbstständigkeit

- Die Absolvent*innen haben die Fähigkeit, Informationsbedarf zu erkennen, relevante Informationen zu finden und zu beschaffen.
- Die Absolvent*innen können sich systematisch und in kurzer Zeit in neue Aufgaben einarbeiten.
- Die Absolvent*innen sind in der Lage, auch nicht-technische Auswirkungen der Ingenieurstätigkeit systematisch zu reflektieren und in ihr Handeln verantwortungsbewusst einzubeziehen.

Studiengangsstruktur

Das Curriculum des Masterstudiengangs Bioverfahrenstechnik ist wie folgt gegliedert:

- Kernqualifikation: elf Pflichtmodule, 66 LP, 1. bis 3. Semester.
- Vertiefung: Wahlpflichtmodule im Umfang von 24 LP, 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 Bioverfahrenstechnik
- Industrielle Bioverfahrenstechnik
- Bioökonomische Verfahrenstechnik

Innerhalb ihrer Vertiefung wählen die Studentinnen und Studenten Module im Umfang von insgesamt 24 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.

In der Vertiefung Bioökonomische Verfahrenstechnik sind zu gleichen Teilen (jeweils zwölf LP) Veranstaltungen aus den beiden Schwerpunkten „Management und Controlling“ und „Energie und Bioprozesstechnik“ zu wählen.

Fachmodule der Kernqualifikation

Modul M0523: Betrieb & Management

Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Meyer
Zulassungsvoraussetzungen	Erfolgreich absolviertes Modul "Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre"
Empfohlene Vorkenntnisse	Keine
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz <i>Wissen</i> - Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte betriebswirtschaftliche Spezialgebiete innerhalb der Betriebswirtschaftslehre zu verorten. - Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Theorien, Kategorien und Modelle erklären. - Die Studierenden können technisches und betriebswirtschaftliches Wissen miteinander in Beziehung setzen. <i>Fertigkeiten</i> - Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden. - Die Studierenden können für praktische Fragestellungen in betriebswirtschaftlichen Teilbereichen Entscheidungsvorschläge begründen. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> - Die Studierenden sind in der Lage, in interdisziplinären Kleingruppen zu kommunizieren und gemeinsam Lösungen für komplexe Problemstellungen zu erarbeiten. <i>Selbstständigkeit</i> - Die Studierenden sind in der Lage, sich notwendiges Wissen durch Recherchen und Aufbereitungen von Material selbstständig zu erschließen.	
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
Leistungspunkte	6

Lehrveranstaltungen

Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.

Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	
Modulverantwortlicher	Dagmar Richter
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Keine
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	Die Nichttechnischen Angebote (NTA) 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 Lehrarchitektur, den Lehr-Lern-Arrangements, den Lehrbereichen und durch Lehrangebote um, in denen sich Studierende wahlweise für spezifische Kompetenzen und ein Kompetenzniveau auf Bachelor- oder Masterebene qualifizieren können. Die Lehrangebote sind jeweils in einem Modulkatalog Nichttechnische Ergänzungskurse zusammengefasst. Die Lehrarchitektur besteht aus einem studiengangübergreifenden Pflichtstudienangebot. Durch dieses zentral konzipierte Lehrangebot wird die Profilierung der TUHH Ausbildung auch im nichttechnischen Bereich gewährleistet. Die Lernarchitektur erfordert und übt eigenverantwortliche Bildungsplanung in Hinblick auf den individuellen Kompetenzaufbau ein und stellt dazu Orientierungswissen zu thematischen Schwerpunkten von Veranstaltungen bereit. 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 Auslandssemester zu fördern, wird jedoch von einer Studienfixierung in konkreten Fachsemestern abgesehen. Die Lehr-Lern-Arrangements 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. Die Lehrbereiche 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. Das Kompetenzniveau 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. Fachkompetenz (Wissen) Die Studierenden können • ausgewählte Spezialgebiete des jeweiligen nichttechnischen Bereiches erläutern, • in den im Lehrbereich vertretenen Disziplinen grundlegende Theorien, Kategorien, Begrifflichkeiten, Modelle, Konzepte oder künstlerischen Techniken skizzieren, • diese fremden Fachdisziplinen systematisch auf die eigene Disziplin beziehen, d.h. sowohl abgrenzen als auch Anschlüsse benennen, • in Grundzügen skizzieren, inwiefern wissenschaftliche Disziplinen, Paradigmen, Modelle, Instrumente, Verfahrensweisen und Repräsentationsformen der Fachwissenschaften einer individuellen und soziokulturellen Interpretation und Historizität unterliegen, • können Gegenstandsangemessen in einer Fremdsprache kommunizieren (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können in ausgewählten Teilbereichen • grundlegende und teils auch spezielle Methoden der genannten Wissenschaftsdisziplinen anwenden. • technische Phänomene, Modelle, Theorien usw. aus der Perspektive einer anderen, oben erwähnten Fachdisziplin befragen. • einfache und teils auch fortgeschrittene Problemstellungen aus den behandelten Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich bearbeiten, • bei praktischen Fragestellungen in Kontexten, die den technischen Sach- und Fachbezug übersteigen, ihre Entscheidungen zu Organisations- und Anwendungsformen der Technik begründen.

Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind fähig , • in unterschiedlichem Ausmaß kooperativ zu lernen • eigene Aufgabenstellungen in den o.g. Bereichen in adressatengerechter Weise in einer Partner- oder Gruppensituation zu präsentieren und zu analysieren, • nichttechnische Fragestellungen einer Zuhörerschaft mit technischem Hintergrund verständlich darzustellen • sich landessprachlich kompetent, kulturell angemessen und geschlechtersensibel auszudrücken (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist) Die Studierenden sind in ausgewählten Bereichen in der Lage, • die eigene Profession und Professionalität im Kontext der lebensweltlichen Anwendungsgebiete zu reflektieren, • sich selbst und die eigenen Lernprozesse zu organisieren, • Fragestellungen vor einem breiten Bildungshorizont zu reflektieren und verantwortlich zu entscheiden, • sich in Bezug auf ein nichttechnisches Sachthema mündlich oder schriftlich kompetent auszudrücken. • sich als unternehmerisches Subjekt zu organisieren, (sofern dies ein gewählter Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
Leistungspunkte	6

Lehrveranstaltungen
Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.

Modul M0540: Transport Processes			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	All lectures from the undergraduate studies, especially mathematics, chemistry, thermodynamics, fluid mechanics, heat- and mass transfer.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Students are able to: - 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. - explain the main transport laws and their application as well as the limits of application. - describe how transport coefficients for heat- and mass transfer can be derived experimentally. - compare different multiphase reactors like trickle bed reactors, pipe reactors, stirring tanks and bubble column reactors. - 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. <i>Fertigkeiten</i> The students are able to: - optimize multiphase reactors by using mass- and energy balances, - use transport processes for the design of technical processes, - to choose a multiphase reactor for a specific application. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> The students are able to discuss in international teams in english and develop an approach under pressure of time. <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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	15 Minuten Vortrag + 90 Minuten Multiple Choice Klausur		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Interfaces in MPF (boundary layers, surfactants) • Hydrodynamics & pressure drop in Film Flows • Hydrodynamics & pressure drop in Gas-Liquid Pipe Flows • Hydrodynamics & pressure drop in Bubbly Flows • Mass Transfer in Film Flows • Mass Transfer in Gas-Liquid Pipe Flows • Mass Transfer in Bubbly Flows • Reactive mass Transfer in Multiphase Flows • Film Flow: Application Trickle Bed Reactors • Pipe Flow: Application Tubular Reactors • Bubbly Flow: Application Bubble Column Reactors
Literatur	Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971. Clift, R.; Grace, J.R.; Weber, M.E.: Bubbles, Drops and Particles, Academic Press, New York, 1978. Fan, L.-S.; Tsuchiya, K.: Bubble Wake Dynamics in Liquids and Liquid-Solid Suspensions, Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, Boston, USA, 1990. Hewitt, G.F.; Delhay, J.M.; Zuber, N. (Ed.): Multiphase Science and Technology. Hemisphere Publishing Corp, Vol. 1/1982 bis Vol. 6/1992. Kolev, N.I.: Multiphase flow dynamics. Springer, Vol. 1 and 2, 2002. Levy, S.: Two-Phase Flow in Complex Systems. Verlag John Wiley & Sons, Inc, 1999. Crowe, C.T.: Multiphase Flows with Droplets and Particles. CRC Press, Boca Raton, Fla, 1998.

Lehrveranstaltung L0105: Reactor design under consideration of local transport processes	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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. The four students in each team have to: • collect and discuss material properties and equations for design from the literature, • calculate the optimal hydrodynamic design, • check the plausibility of the results critically, • write an exposé with the results. This exposé will be used as basis for the discussion within the oral group examen of each team.
Literatur	Bird, R.B.; Stewart, W.R.; Lightfoot, E.N.: Transport Phenomena, John Wiley & Sons Inc (2007), ISBN 978-0-470-11539-8. Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion; Verlag Sauerländer, Aarau und Frankfurt am Main (1971), ISBN: 3794100085. Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen, Sauerländer, 1971, Clift, R.; Grace, J.R.; Weber, M.E.: Bubbles, Drops, and Particles, Verlag Academic Press, 1978, ISBN 012176950X, 9780121769505 Deckwer, W.-D.: Reaktionstechnik in Blasensäulen, Salle Verlag und Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt am Main, Berlin, München, Salzburg (1985), DOI 10.1002/CITE.330590530 Deckwer, W.-D.: Bubble Column Reactors. Wiley, New York (1992), DOI 10.1002/AIC.690380821. Fan, L.; Tsuchiya, K.: Bubble wake dynamics in liquids and liquid-solid suspension. Butterworth-Heinemann, (1990), DOI 10.1016/c2009-0-24002-5. Kraume, M., Transportvorgänge in der Verfahrenstechnik, Springer Berlin, 2020, ISBN 978-3-662-60392-5. Lienhard, J. H. (2019). A Heat Transfer Textbook, Dover Publications. ISBN:9780486837352, 0486837351.

Lehrveranstaltung L0103: Heat & Mass Transfer in Process Engineering	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Introduction - Transport Processes in Chemical Engineering • Molecular Heat- and Mass Transfer: Applications of Fourier's and Fick's Law • Convective Heat and Mass Transfer: Applications in Process Engineering • Unsteady State Transport Processes: Cooling & Drying • Transport at fluidic Interfaces: Two Film, Penetration, Surface Renewal • Transport Laws & Balance Equations with turbulence, sinks and sources • Experimental Determination of Transport Coefficients • Design and Scale Up of Reactors for Heat- and Mass Transfer • Reactive Mass Transfer • Processes with Phase Changes - Evaporization and Condensation • Radiative Heat Transfer - Fundamentals • Radiative Heat Transfer - Solar Energy
Literatur	1. Baehr, Stephan: Heat and Mass Transfer, Wiley 2002. 2. Bird, Stewart, Lightfoot: Transport Phenomena, Springer, 2000. 3. John H. Lienhard: A Heat Transfer Textbook, Phlogiston Press, Cambridge Massachusetts, 2008. 4. Myers: Analytical Methods in Conduction Heat Transfer, McGraw-Hill, 1971. 5. Incropera, De Witt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Wiley, 2002. 6. Beek, Muttzall: Transport Phenomena, Wiley, 1983. 7. Crank: The Mathematics of Diffusion, Oxford, 1995. 8. Madhusudana: Thermal Contact Conductance, Springer, 1996. 9. Treybal: Mass-Transfer-Operation, McGraw-Hill, 1987.

Modul M0545: Separation Technologies for Life Sciences			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Dr. Pavel Gurikov		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	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		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	Wissen 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. Fertigkeiten 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. Personale Kompetenzen Sozialkompetenz 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. Selbstständigkeit 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).		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung
	Ja	Keiner	Referat
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 minuten; Theorie und Rechenaufgaben (schriftlich)		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0093: Chromatographic Separation Processes	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Monika Johannsen
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Introduction: overview, history of chromatography, LC (HPLC), GC, SFC • Fundamentals of linear (analytical) chromatography, retention time/factor, separation factor, peak resolution, band broadening, Van-Deemter equation • Fundamentals of nonlinear chromatography, discontinuous and continuous preparative chromatography (annular, true moving bed - TMB, simulated moving bed - SMB) • Adsorption equilibrium: experimental determination of adsorption isotherms and modeling • Equipment for chromatography, production and characterization of chromatographic adsorbents • Method development, scale up methods, process design, modeling of chromatographic processes, economic aspects • Applications: e.g. normal phase chromatography, reversed phase chromatography, hydrophobic interaction chromatography, chiral chromatography, bioaffinity chromatography, ion exchange chromatography
Literatur	• Schmidt-Traub, H.: Preparative Chromatography of Fine Chemicals and Pharmaceutical Agents. Weinheim: Wiley-VCH (2005) - eBook • Carta, G.: Protein chromatography: process development and scale-up. Weinheim: Wiley-VCH (2010) • Guiochon, G.; Lin, B.: Modeling for Preparative Chromatography. Amsterdam: Elsevier (2003) • Hagel, L.: Handbook of process chromatography: development, manufacturing, validation and economics. London ;Burlington, MA Academic (2008) - eBook

Lehrveranstaltung L0112: Unit Operations for Bio-Related Systems	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Pavel Gurikov
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Contents: • Introduction: overview about the separation process in biotechnology and pharmacy • Handling of multicomponent systems • Adsorption of biologic molecules • Crystallization of biologic molecules • Reactive extraction • Aqueous two-phase systems • Micellar systems: micellar extraction and micellar chromatographie • Electrophoresis • Choice of the separation process for the specific systems Learning Outcomes: • Basic knowledge of separation processes for biotechnological and pharmaceutical processes • Identification of specific features and limitations in bio-related systems • Proof of economical value of the process
Literatur	"Handbook of Bioseparations", Ed. S. Ahuja http://www.elsevier.com/books/handbook-of-bioseparations-2/ahuja/978-0-12-045540-9 "Bioseparations Engineering" M. R. Ladish http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471244767.html

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

Modul M0973: Biocatalysis			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Biokatalyse und Enzymtechnologie (L1158)	Vorlesung	2	3
Technische Biokatalyse (L1157)	Vorlesung	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Andreas Liese		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	After successful completion of this course, students will be able to - reflect a broad knowledge about enzymes and their applications in academia and industry - have an overview of relevant biotransformations und name the general definitions After successful completion of this course, students will be able to - understand the fundamentals of biocatalysis and enzyme processes and transfer this to new tasks - know the several enzyme reactors and the important parameters of enzyme processes - use their gained knowledge about the realisation of processes. Transfer this to new tasks - analyse and discuss special tasks of processes in plenum and give solutions - communicate and discuss in English		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Andreas Liese
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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.
Literatur	K. Faber: Biotransformations in Organic Chemistry, Springer, 5th Ed., 2004 A. Liese, K. Seelbach, C. Wandrey: Industrial Biotransformations, Wiley-VCH, 2006 R. B. Silverman: The Organic Chemistry of Enzyme-Catalysed Reactions, Academic Press, 2000 K. Buchholz, V. Kasche, U. Bornscheuer: Biocatalysts and Enzyme Technology. VCH, 2005. R. D. Schmidt: Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, Wiley-VCH, 2003

Lehrveranstaltung L1157: Technical Biocatalysis	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Andreas Liese
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Introduction 2. Production and Down Stream Processing of Biocatalysts 3. Analytics (offline/online) 4. Reaction Engineering & Process Control • Definitions • Reactors • Membrane Processes • Immobilization 5. Process Optimization • Simplex / DOE / GA 6. Examples of Industrial Processes • food / feed • fine chemicals 7. Non-Aqueous Solvents as Reaction Media • ionic liquids • scCO₂ • solvent free
Literatur	• A. Liese, K. Seelbach, C. Wandrey: Industrial Biotransformations, Wiley-VCH, 2006 • H. Chmiel: Bioprozeßtechnik, Elsevier, 2005 • K. Buchholz, V. Kasche, U. Bornscheuer: Biocatalysts and Enzyme Technology, VCH, 2005 • R. D. Schmidt: Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, Wiley-VCH, 2003

Modul M1970: Prozessmodellierung und Prozessführung				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Prozessmodellierung und Prozessführung (L3220)		Vorlesung	2	3
Prozessmodellierung und Prozessführung (L3221)		Gruppenübung	3	3
Modulverantwortlicher	Prof. Mirko Skiborowski			
Zulassungsvoraussetzungen	Keine			
Empfohlene Vorkenntnisse	Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen			
	Grundoperationen der mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik sowie Chemische Reaktionstechnik			
	Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
Fachkompetenz	Wissen	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		
	Fertigkeiten	- Regelungsstrukturen zu klassifizieren und Prozessführungskonzepte für unterschiedliche Apparate und komplexe verfahrenstechnische Anlagen darzustellen		
		Studierende sind in der Lage:		
		- Prozessführungsziele zu formulierten und umzusetzen		
		- Regelungsstrategien und -strukturen zu entwerfen und zu bewerten		
		- Modellstruktur und Modellparameter aus der Simulation von Prozessen zu analysieren		
Personale Kompetenzen	Sozialkompetenz	Studierende werden befähigt in Gruppen gemeinsam Lösungswege zu erarbeiten		
		Selbstständigkeit	Studierende werden befähigt sich anhand weiterführender Literatur Wissen zu erschließen	
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70			
Leistungspunkte	6			
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Nein	10 %	Midterm	
Prüfung	Klausur			
Prüfungsdauer und -umfang	120 min			
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	

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

Modul M0895: Chemische Reaktionstechnik - Vertiefung			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung) (L0222)	Vorlesung	2	2
Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung) (L0245)	Hörsaalübung	2	2
Praktikum Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung) (L0287)	Laborpraktikum	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Raimund Horn		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Vorlesungsinhalt aus dem Bachelor-Basismodul "Chemische Reaktionstechnik".		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L0222: Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung)	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Reale Reaktoren (Definition der Verweilzeitverteilungen und der Verweilzeitsummenfunktion, Messmethoden für Verweilzeitverteilungen, Kenntnis der Verweilzeitverteilungen idealer Reaktoren, Modellierung realer Reaktoren, Segregationsmodell, Zellenmodell, Dispersionsmodell, Ersatzschaltungen) 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) 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) 4. Labormessverfahren in der Heterogenen Katalyse (Temperatur, Druck, Konzentrationen, Massendurchflussmesser, Laborreaktoren, Statistische Versuchsplanung)
Literatur	1. Vorlesungsfolien R. Horn 2. Skript zur Vorlesung F. Keil 3. M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken, Technische Chemie, Wiley-VCH 4. G. Emig, E. Klemm, Technische Chemie, Springer 5. A. Behr, D. W. Agar, J. Jörissen, Einführung in die Technische Chemie 6. E. Müller-Erlwein, Chemische Reaktionstechnik 2012, 2. Auflage, Teubner Verlag 7. J. Hagen, Chemiereaktoren: Auslegung und Simulation, 2004, Wiley-VCH 8. H. S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall B 9. H. S. Fogler, Essentials of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall 10. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, John Wiley & Sons, 1998 11. L. D. Schmidt, The Engineering of Chemical Reactions, Oxford Univ. Press, 2009 12. J. B. Butt, Reaction Kinetics and Reactor Design, 2000, Marcel Dekker 13. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Pubn. Inc., 2000 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 & Sons, 2010 16. A. Jess, P. Wasserscheid, Chemical Technology An Integrated Textbook, WILEY-VCH 17. C. G. Hill, An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reactor Design, John Wiley & Sons

Lehrveranstaltung L0245: Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung)	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn, Dr. Oliver Korup
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Reale Reaktoren (Definition der Verweilzeitverteilungen und der Verweilzeitsummenfunktion, Messmethoden für Verweilzeitverteilungen, Kenntnis der Verweilzeitverteilungen idealer Reaktoren, Modellierung realer Reaktoren, Segregationsmodell, Zellenmodell, Dispersionsmodell, Ersatzschaltungen) 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) 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) 4. Labormessverfahren in der Heterogenen Katalyse (Temperatur, Druck, Konzentrationen, Massendurchflussmesser, Laborreaktoren, Statistische Versuchsplanung)
Literatur	1. Vorlesungsfolien R. Horn 2. Skript zur Vorlesung F. Keil 3. M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken, Technische Chemie, Wiley-VCH 4. G. Emig, E. Klemm, Technische Chemie, Springer 5. A. Behr, D. W. Agar, J. Jörissen, Einführung in die Technische Chemie 6. E. Müller-Erlwein, Chemische Reaktionstechnik 2012, 2. Auflage, Teubner Verlag 7. J. Hagen, Chemiereaktoren: Auslegung und Simulation, 2004, Wiley-VCH 8. H. S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall B 9. H. S. Fogler, Essentials of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall 10. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, John Wiley & Sons, 1998 11. L. D. Schmidt, The Engineering of Chemical Reactions, Oxford Univ. Press, 2009 12. J. B. Butt, Reaction Kinetics and Reactor Design, 2000, Marcel Dekker 13. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Pubn. Inc., 2000 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 & Sons, 2010 16. A. Jess, P. Wasserscheid, Chemical Technology An Integrated Textbook, WILEY-VCH 17. C. G. Hill, An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reactor Design, John Wiley & Sons

Lehrveranstaltung L0287: Praktikum Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung)	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Durchführung und Auswertung mehrerer Versuche aus dem Gebiet der Chemischen Reaktionstechnik. * Fehlerfortpflanzung und Fehleranalyse * Stationäre Wicke-Kallenbach Diffusionsmessungen im Katalysatorpellet * Wechselwirkung von Diffusion und Reaktion im Katalysatorpellet, Dissoziation von Methanol auf Zinkoxid * Stofftransport in einem Gas/Flüssigkeitssystem * Stabilität eines kontinuierlichen Rührkessels (Hydrolyse von Essigsäureanhydrid)
Literatur	Skript zur Vorlesung, als Buch in der TU-Bibliothek Praktikumsskript Levenspiel, O.: Chemical reaction engineering; John Wiley & Sons, New York, 3. Ed., 1999 VTM 309(LB) Smith, J. M.: Chemical Engineering Kinetics, McGraw Hill, New York, 1981. Hill, C.: Chemical Engineering Kinetics & Reactor Design, John Wiley, New York, 1977. Fogler, H. S. : Elements of Chemical Reaction Engineering , Prentice Hall, 2006 M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken: Technische Chemie, VCH , 2006 G. F. Froment, K. B. Bischoff: Chemical Reactor Analysis and Design, Wiley, 1990

Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Auslegung und Betrieb von Bioreaktoren (L1034)	Vorlesung	2	2
Bioreaktoren und Biosystemtechnik (L1037)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	2
Biosystemtechnik (L1036)	Vorlesung	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Anna-Lena Heins		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	After completion of this module, participants will be able to: - differentiate between different kinds of bioreactors and describe their key features - identify and characterize the peripheral and control systems of bioreactors - depict integrated biosystems (bioprocesses including up- and downstream processing) - name different sterilization methods and evaluate those in terms of different applications - recall and define the advanced methods of modern systems-biological approaches - connect the multiple "omics"-methods and evaluate their application for biological questions - recall the fundamentals of modeling and simulation of biological networks and biotechnological processes and to discuss their methods - 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.		
<i>Fertigkeiten</i>	After completion of this module, participants will be able to: - describe different process control strategies for bioreactors and chose them after analysis of characteristics of a given bioprocess - plan and construct a bioreactor system including peripherals from lab to pilot plant scale - adapt a present bioreactor system to a new process and optimize it - develop concepts for integration of bioreactors into bioproduction processes - combine the different modeling methods into an overall modeling approach, to apply these methods to specific problems and to evaluate the achieved results critically - connect all process components of biotechnological processes for a holistic system view.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Anna-Lena Heins, Dr. Johannes Möller
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Design of bioreactors and peripheries: • reactor types and geometry • materials and surface treatment • agitation system design • insertion of stirrer • sealings • fittings and valves • peripherals • materials • standardization • demonstration in laboratory and pilot plant Sterile operation: • theory of sterilisation processes • different sterilisation methods • sterilisation of reactor and probes • industrial sterile test, automated sterilisation • introduction of biological material • autoclaves • continuous sterilisation of fluids • deep bed filters, tangential flow filters • demonstration and practice in pilot plant Instrumentation and control: • temperature control and heat exchange • dissolved oxygen control and mass transfer • aeration and mixing • used gassing units and gassing strategies • control of agitation and power input • pH and reactor volume, foaming, membrane gassing Bioreactor selection and scale-up: • selection criteria • scale-up and scale-down • reactors for mammalian cell culture Integrated biosystem: • interactions and integration of microorganisms, bioreactor and downstream processing • Miniplant technologies Team work with presentation: • Operation mode of selected bioprocesses (e.g. fundamentals of batch, fed-batch and continuous cultivation)
Literatur	• Storhas, Winfried, Bioreaktoren und periphere Einrichtungen, Braunschweig: Vieweg, 1994 • Chmiel, Horst, Bioprozeßtechnik; Springer 2011 • Krahe, Martin, Biochemical Engineering, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry • Pauline M. Doran, Bioprocess Engineering Principles, Second Edition, Academic Press, 2013 • Other lecture materials to be distributed

Lehrveranstaltung L1037: Bioreactors and Biosystems Engineering	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Anna-Lena Heins, Dr. Johannes Möller
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Introduction to Biosystems Engineering (Exercise) Experimental basis and methods for biosystems analysis • Introduction to genomics, transcriptomics and proteomics • More detailed treatment of metabolomics • Determination of in-vivo kinetics • Techniques for rapid sampling • Quenching and extraction • Analytical methods for determination of metabolite concentrations Analysis, modelling and simulation of biological networks • Metabolic flux analysis • Introduction • Isotope labelling • Elementary flux modes • Mechanistic and structural network models • Regulatory networks • Systems analysis • Structural network analysis • Linear and non-linear dynamic systems • Sensitivity analysis (metabolic control analysis) Modelling and simulation for bioprocess engineering • Modelling of bioreactors • Dynamic behaviour of bioprocesses Selected projects for biosystems engineering • Miniaturisation of bioreaction systems • Miniplant technology for the integration of biosynthesis and downstream processing • Technical and economic overall assessment of bioproduction processes
Literatur	E. Klipp et al. Systems Biology in Practice, Wiley-VCH, 2006 R. Dohrn: Miniplant-Technik, Wiley-VCH, 2006 G.N. Stephanopoulos et. al.: Metabolic Engineering, Academic Press, 1998 I.J. Dunn et. al.: Biological Reaction Engineering, Wiley-VCH, 2003 Lecture materials to be distributed

Lehrveranstaltung L1036: Biosystems Engineering	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Johannes Gescher, Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Introduction to Biosystems Engineering Experimental basis and methods for biosystems analysis • Introduction to genomics, transcriptomics and proteomics • More detailed treatment of metabolomics • Determination of in-vivo kinetics • Techniques for rapid sampling • Quenching and extraction • Analytical methods for determination of metabolite concentrations Analysis, modelling and simulation of biological networks • Metabolic flux analysis • Introduction • Isotope labelling • Elementary flux modes • Mechanistic and structural network models • Regulatory networks • Systems analysis • Structural network analysis • Linear and non-linear dynamic systems • Sensitivity analysis (metabolic control analysis) Modelling and simulation for bioprocess engineering • Modelling of bioreactors • Dynamic behaviour of bioprocesses Selected projects for biosystems engineering • Miniaturisation of bioreaction systems • Miniplant technology for the integration of biosynthesis and downstream processing • Technical and economic overall assessment of bioproduction processes
Literatur	E. Klipp et al. Systems Biology in Practice, Wiley-VCH, 2006 R. Dohrn: Miniplant-Technik, Wiley-VCH, 2006 G.N. Stephanopoulos et. al.: Metabolic Engineering, Academic Press, 1998 I.J. Dunn et. al.: Biological Reaction Engineering, Wiley-VCH, 2003 Lecture materials to be distributed

Modul M0914: Technical Microbiology			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Angewandte Molekularbiologie (L0877)	Vorlesung	2	3
Technische Mikrobiologie (L0999)	Vorlesung	2	2
Technische Mikrobiologie (L1000)	Hörsaalübung	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Johannes Gescher		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Bachelor with basic knowledge in microbiology and genetics		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	After successfully finishing this module, students are able - to give an overview of genetic processes in the cell - to explain the application of industrial relevant biocatalysts - to explain and prove genetic differences between pro- and eukaryotes		
<i>Fertigkeiten</i>	After successfully finishing this module, students are able - to explain and use advanced molecularbiological methods - to recognize problems in interdisciplinary fields		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to - write protocols and PBL-summaries in teams - to lead and advise members within a PBL-unit in a group - develop and distribute work assignments for given problems		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to - search information for a given problem by themselves - prepare summaries of their search results for the team - make themselves familiar with new topics		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	60 min Klausur		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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
Literatur	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• History of microbiology and biotechnology • Enzymes • Molecular biology • Fermentation • Downstream Processing • Industrial microbiological processes • Technical enzyme application • Biological Waste Water treatment
Literatur	Microbiology, 2013, Madigan, M., Martinko, J. M., Stahl, D. A., Clark, D. P. (eds.), formerly „Brock“, Pearson Industrielle Mikrobiologie, 2012, Sahm, H., Antranikian, G., Stahmann, K.-P., Takors, R. (eds.) Springer Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. Angewandte Mikrobiologie, 2005, Antranikian, G. (ed.), Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.

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

Modul M0904: Projektierungskurs			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Projektierungskurs (L1050)	Projektierungskurs	6	6
Modulverantwortlicher	Dozenten des SD V		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	• Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik • Transportprozesse • Prozess- und Anlagentechnik II • Strömungsmechanik in der Verfahrenstechnik • Chemische Reaktionstechnik - Vertiefung • Bioprozess- und Biosystemstechnik		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	Nach erfolgreicher Teilnahme am Projektierungskurs wissen die Studierenden: • wie ein Team zur Bearbeitung einer komplexen verfahrenstechnischen Aufgabe zusammenarbeitet • welche Planungswerkzeuge für die zur Auslegung eines verfahrenstechnischen Prozesses benötigt werden • welche Hindernisse und Schwierigkeiten bei der Auslegung eines verfahrenstechnischen Prozesses auftreten Studierende sind nach erfolgreicher Teilnahme in der Lage: • Auslegungswerkzeuge auf eine konkrete verfahrenstechnische Aufgabenstellung anzuwenden, • Verfahrenstechnische Anlagenkomponenten für ein Gesamtsystem auszuwählen und zu verknüpfen, • Alle wesentlichen Daten für die ökonomische und ökologische Bewertung eines Anlagenkonzeptes zusammenzustellen, • Methoden des Projektmanagements auf verfahrenstechnische Vorhaben anzuwenden.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen			
<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 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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	.		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L1050: Projektierungskurs	
Typ	Projektierungskurs
SWS	6
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Dozenten	Dozenten des SD V
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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.
Literatur	

Modul M0951: Bioprocess Engineering Advanced Practical Course			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Bioverfahrenstechnik fortgeschrittenes Praktikum (L1112)		Laborpraktikum	3 3
Mikrobiologisches Praktikum für Fortgeschrittene (L0878)		Laborpraktikum	3 3
Modulverantwortlicher	Prof. Anna-Lena Heins		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Bioprocess Engineering - Fundamental Practical Course		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> After completing this module, students are able to perform and explain the essential steps of a process for the production of the semi-synthetic beta-lactam antibiotic amoxicillin using microorganisms as well as cell-free enzymes. <i>Fertigkeiten</i> The students can perform practical tasks in a chemical / biotechnological laboratory. This especially includes the fermentation of filamentous fungi in submersed culture, the recovery of intermediates from the fermentation broth and the processing of those intermediates using cell-free enzymes. They can record and interpret the results of guided experiments and create an error analysis and present the results. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Students can reflect their specific knowledge orally and discuss this with other students and teachers. <i>Selbstständigkeit</i> After completing the module the students are able to independently protocol experiments and to discuss, analyze and record the results. They can present those results as a team.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung		
Prüfungsdauer und -umfang	Schriftliche Ausarbeitung		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1112: Bioprocess Engineering Advanced Practical Course	
Typ	Laborpraktikum
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Anna-Lena Heins, Prof. Andreas Liese
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	This experimental course focuses on a complete process from starting material like glucose over several production steps to a valuable final product. Production of the semi-synthetic beta-lactam antibiotic amoxicillin is investigated and conducted as an example for industrial processes on a laboratory scale involving microorganisms as well as cell free enzymes. The first step - fermentation of <i>Penicillium chrysogenum</i> to produce penicillin G - is carried out in the Institute of Bioprocess and Biosystems Engineering of Prof. Zeng. After recovery of penicillin G it is hydrolysed by penicillin acylase (<i>Escherichia coli</i>) to produce 6-aminopenicillanic acid which is further acylated by the same enzyme to produce amoxicillin. The enzymatic steps are done in the Institute of Technical Biocatalysis of Prof. Liese. A colloquium is part of the course.
Literatur	Liese A, Seelbach K, Wandrey C, Industrial Biotransformations, Wiley-VCH, 2006 Chmiel H, Einführung in die Bioverfahrenstechnik, Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, 2006 Schügerl K, Bioreaktionstechnik: Bioprozesse mit Mikroorganismen und Zellen. Prozeßüberwachung, Birkhäuser, 1997

Lehrveranstaltung L0878: Advanced Practical Course in Microbiology	
Typ	Laborpraktikum
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Participation in actual projects: - From gene to product in heterologous hosts - Molecular biology - Enzyme assays - Taxonomy
Literatur	-Molekulare Biotechnologie: Grundlagen und Anwendungen David Clark. -Watson Molekularbiologie 6., aktualisierte Auflage. James D. Watson, Tania A. Baker, Stephen P. Bell, Alexander Gann, Michael Levine, Richard Losick -Allgemeine Mikrobiologie. Georg Fuchs, Marc Bramkamp, Petra Dersch, Thomas Eitinger, Johann Heider -Course Script of the respective lecture and practical course script

Fachmodule der Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik

Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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	<i>Wissen</i> 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. <i>Fertigkeiten</i> 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 Geothermieranlagen 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 <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 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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Fröba
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Einführung in die elektrochemische Energiewandlung 2. Funktion und Aufbau von Elektrolyten 3. Die Niedertemperatur-Brennstoffzellen ◦ Bauformen ◦ Thermodynamik der PEM-Brennstoffzelle ◦ Kühl- und Befeuchtungsstrategie 4. Die Hochtemperatur-Brennstoffzelle ◦ Die MCFC ◦ Die SOFC ◦ Integrationsstrategien und Teilreformierung 5. Brennstoffe ◦ Bereitstellung von Brennstoffen ◦ Reformierung von Erdgas und Biogas ◦ Reformierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen 6. Energetische Integration und Regelung von Brennstoffzellen-Systemen
Literatur	• Hamann, C.; Vielstich, W.: Elektrochemie 3. Aufl.; Weinheim: Wiley - VCH, 2003

Lehrveranstaltung L0019: Energiehandel und Energiemärkte	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Robert Gersdorf
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Grundbegriffe und handelbare Produkte in Energiemärkten • Primärenergiemärkte • Strommärkte • Europäisches Emissionshandelssystem • Einfluss von Erneuerbaren Energien • Realoptionen • Risikomanagement Innerhalb der Übung werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.
Literatur	

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

Lehrveranstaltung L0025: Tiefe Geothermie	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Ben Norden
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Einführung in die tiefe geothermische Nutzung 2. Geologische Grundlagen I 3. Geologische Grundlagen II 4. Geologisch-thermische Aspekte 5. Gesteinsphysikalische Aspekte 6. Geochemische Aspekte 7. Exploration tiefer geothermischer Reservoirs 8. Bohrungstechnologien, Verrohrung und Ausbau 9. Bohrlochgeophysik 10. Untertägige Systemcharakterisierung und Reservoirengineering 11. Mikrobiologie und Obertägige Systemkomponenten 12. Angepasste Anlagenkonzepte, Kosten und Umweltaspekt
Literatur	• Dippippo, R.: Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. Butterworth Heinemann; 3rd revised edition. (29. Mai 2012) • www.geo-energy.org • Edenhofer et al. (eds): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation; Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2012. • Kaltschmitt et al. (eds): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer, 5. Aufl. 2013. • Kaltschmitt et al. (eds): Energie aus Erdwärme. Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 1999 (3. September 2001) • Huenges, E. (ed.): Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Auflage: 1. Auflage (19. April 2010)

Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Hochdruckanlagenbau (L1278)	Vorlesung	2	2
Industrielle Verfahren unter Hohen Drücken (L0116)	Vorlesung	2	2
Moderne Trennverfahren (L0094)	Vorlesung	2	2
Modulverantwortlicher	Dr. Monika Johannsen		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen der Chemie, Chemische und Thermische Verfahrenstechnik, Fluidverfahrenstechnik, Trenntechnik, Thermodynamik, Mehrphasengleichgewichte		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Nach erfolgreicher Teilnahme können Studierende: - den Einfluss des Drucks auf die physikalisch-chemischen und thermodynamischen Eigenschaften eines Fluids erklären, - thermodynamische Grundlagen für Verfahren mit überkritischen Fluiden beschreiben, - Modelle zur Beschreibung von Feststoffextraktion und Gegenstromextraktion erläutern, - Parameter zur Optimierung von Prozessen mit überkritischen Fluiden diskutieren. <i>Fertigkeiten</i> Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage: - Trennverfahren mit überkritischen Fluiden und mit konventionellen Lösungsmitteln zu vergleichen, - bei gegebener Trennaufgabe das Anwendungspotential von Hochdruckverfahren zu beurteilen, - Hochdruckverfahren im Ablauf einer vorgegebenen komplexen Industrieanwendung einzuplanen, - die Wirtschaftlichkeit von Hochdruckverfahren hinsichtlich Investition und Betriebskosten einzuschätzen, - unter Anleitung einen experimentellen Versuch an einer Hochdruckanlage durchzuführen, - experimentelle Ergebnisse zu beurteilen, - ein Versuchsprotokoll anzufertigen. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage: - in 2er Teams wissenschaftliche Artikel zu präsentieren und die Inhalte gemeinsam zu verteidigen <i>Selbstständigkeit</i>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja 15 %	Referat	
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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		

Lehrveranstaltung L1278: Hochdruckanlagenbau	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Hans Häring
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Rechtliche Grundlagen (Gesetz, Verordnung, Richtlinie, Standard/Norm) 2. Berechnungsgrundlagen Druckgeräte (AD-Regelwerk, ASME-Regelwerk, GL Vorschriften, weitere Berechnungsmethoden) 3. Spannungshypothesen 4. Werkstoffauswahl, Fertigungsverfahren 5. Dünnwandige Behälter 6. Dickwandige Behälter 7. Sicherheitseinrichtungen 8. Sicherheitsanalysen Anwendungsschwerpunkte 9. Unterwassertechnik (bemannte und unbemannte Druckbehälter, PVHO Code) 10. Dampfkessel 11. Wärmetauscher 12. LPG, LEG Transport-tanks (Bilobe Bauart, IMO Type C tanks)
Literatur	Apparate und Armaturen in der chemischen Hochdrucktechnik, Springer Verlag Spain and Paauwe: High Pressure Technology, Vol. I und II, M. Dekker Verlag AD-Merkblätter, Heumanns Verlag Bertuccio; Vetter: High Pressure Process Technology, Elsevier Verlag Sherman; Stadtmüller: Experimental Techniques in High-Pressure Research, Wiley & Sons Verlag Klapp: Apparate- und Anlagentechnik, Springer Verlag

Lehrveranstaltung L0116: Industrial Processes Under High Pressure	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Carsten Zetzl
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Part I : Physical Chemistry and Thermodynamics 1. Introduction: Overview, achieving high pressure, range of parameters. 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. 3. Influence of pressure on heterogeneous equilibria: Phenomenology of phase equilibria 4. Overview on calculation methods for (high pressure) phase equilibria). Influence of pressure on transport processes, heat and mass transfer. Part II : High Pressure Processes 5. Separation processes at elevated pressures: Absorption, adsorption (pressure swing adsorption), distillation (distillation of air), condensation (liquefaction of gases) 6. Supercritical fluids as solvents: Gas extraction, cleaning, solvents in reacting systems, dyeing, impregnation, particle formation (formulation) 7. Reactions at elevated pressures. Influence of elevated pressure on biochemical systems: Resistance against pressure Part III : Industrial production 8. Reaction : Haber-Bosch-process, methanol-synthesis, polymerizations; Hydrations, pyrolysis, hydrocracking; Wet air oxidation, supercritical water oxidation (SCWO) 9. Separation : Linde Process, De-Caffeination, Petrol and Bio-Refinery 10. Industrial High Pressure Applications in Biofuel and Biodiesel Production 11. Sterilization and Enzyme Catalysis 12. Solids handling in high pressure processes, feeding and removal of solids, transport within the reactor. 13. Supercritical fluids for materials processing. 14. Cost Engineering Learning Outcomes: After a successful completion of this module, the student should be able to - understand of the influences of pressure on properties of compounds, phase equilibria, and production processes. - Apply high pressure approaches in the complex process design tasks - Estimate Efficiency of high pressure alternatives with respect to investment and operational costs Performance Record: 1. Presence (28 h) 2. Oral presentation of original scientific article (15 min) with written summary 3. Written examination and Case study (2+3 : 32 h Workload) Workload: 60 hours total
Literatur	Literatur: 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.

Lehrveranstaltung L0094: Advanced Separation Processes	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Monika Johannsen
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Introduction/Overview on Properties of Supercritical Fluids (SCF) and their Application in Gas Extraction Processes • Solubility of Compounds in Supercritical Fluids and Phase Equilibrium with SCF • Extraction from Solid Substrates: Fundamentals, Hydrodynamics and Mass Transfer • Extraction from Solid Substrates: Applications and Processes (including Supercritical Water) • Countercurrent Multistage Extraction: Fundamentals and Methods, Hydrodynamics and Mass Transfer • Countercurrent Multistage Extraction: Applications and Processes • Solvent Cycle, Methods for Precipitation • Supercritical Fluid Chromatography (SFC): Fundamentals and Application • Simulated Moving Bed Chromatography (SMB) • Membrane Separation of Gases at High Pressures • Separation by Reactions in Supercritical Fluids (Enzymes)
Literatur	G. Brunner: Gas Extraction. An Introduction to Fundamentals of Supercritical Fluids and the Application to Separation Processes. Steinkopff, Darmstadt, Springer, New York, 1994.

Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0576)	Vorlesung	2	3
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0582)	Gruppenübung	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Daniel Ruprecht		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	- Mathematik I, II, III für Ingenieurstudierende (deutsch oder englisch) oder Analysis & Lineare Algebra I + II sowie Analysis III für Technomathematiker*innen. - Grundkenntnisse in MATLAB, Python oder einer vergleichbaren Programmiersprache.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Studierende können - numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen benennen und deren Kernideen erläutern, - Aussagen zur Konvergenz (inklusive der an das zugrundeliegende Problem gestellten Voraussetzungen) zu den behandelten numerischen Verfahren wiedergeben, - Aspekte der praktischen Durchführung numerischer Verfahren erklären, - passende numerische Methoden für konkrete Probleme auswählen, implementieren und die numerischen Ergebnisse interpretieren. <i>Fertigkeiten</i> Studierende sind in der Lage, - numerische Methoden zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen zu implementieren, anzuwenden und zu vergleichen, - das Konvergenzverhalten numerischer Methoden in Abhängigkeit vom gestellten Problem und des verwendeten Lösungsalgorithmus zu begründen, - zu gegebener Problemstellung einen geeigneten Lösungsansatz zu entwickeln, gegebenenfalls durch Zusammensetzen mehrerer Algorithmen, diesen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch auszuwerten. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Studierende können - 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. <i>Selbstständigkeit</i> Studierende sind fähig, - selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen und - ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.		
Arbeitsaufwand in Stunden			
Leistungspunkte			
Studienleistung			
Prüfung			
Prüfungsdauer und -umfang			
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Electrical Engineering and Information Technology: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: 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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Daniel Ruprecht
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Numerische Verfahren für Anfangswertprobleme • Einschrittverfahren • Mehrschrittverfahren • Steife Probleme • Differentiell-algebraische Gleichungen vom Index 1 Numerische Verfahren für Randwertaufgaben • Mehrzielmethode • Differenzenverfahren
Literatur	• E. Hairer, S. Noersett, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems. • E. Hairer, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems. • D. Griffiths, D. Higham: Numerical Methods for Ordinary Differential Equations.

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

Modul M0874: Abwassersysteme			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Dr. Joachim Behrendt		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Kenntnis abwasserwasserwirtschaftlicher Maßnahmenfelder sowie der zentralen Prozesse der Abwasserwasseraufbereitung		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Joachim Behrendt
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Charakterisierung von Abwasser Stoffwechseltypen von Mikroorganismen Kinetik biologischer Stoffumwandlung Berechnung von Bioreaktoren zur Abwasserreinigung Konzepte in der biologischen Abwasserreinigung Design WWTP Exkursion zur Kläranlage Seewetal Klüsing Biofilme Biofilmreaktoren Anaerobe Verfahren Ressourcen orientierte Sanitärtechnik Zukünftige Herausforderungen in der Abwasserforschung
Literatur	Gujer, Willi Siedlungswasserwirtschaft : mit 84 Tabellen ISBN: 3540343296 (Gb.) URL: http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf URL: http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm Berlin [u.a.] : Springer, 2007 TUB_HH_Katalog Henze, Mogens 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-Pföhrn : 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 URL: 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 Weinheim : WILEY-VCH, 2007 TUB_HH_Katalog

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

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

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

Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Entwurf von ökologischen Dörfern - Wasser, Energie, Boden und Nahrungsmittelnexus (L1229)	Seminar	2	2
Wasser- & Abwassersysteme im globalen Kontext (L0939)	Vorlesung	2	4
Modulverantwortlicher	Prof. Ralf Otterpohl		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge of the global situation with rising poverty, soil degradation, migration to cities, lack of water resources and sanitation		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<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. Personale Kompetenzen <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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	Semesterbegleitend werden Meilensteine erarbeitet, vorgetragen und schriftlich festgehalten. Genaueres findet man ab jeweiligem Semesterbeginn im Stud Ip Kurs im herunterladbarem Modulhandbuch.		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Ralf Otterpohl
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Participants Workshop: Design of the most attractive productive Town • Keynote lecture and video • The limits of Urbanization / Green Cities • The tragedy of the Rural: Soil degradation, agro chemical toxification, migration to cities • Global Ecovillage Network: Upsides and Downsides around the World • Visit of an Ecovillage • Participants Workshop: Resources for thriving rural areas, Short presentations by participants, video competition • TUHH Rural Development Toolbox • Integrated New Town Development • Participants workshop: Design of New Towns: Northern, Arid and Tropical cases • Outreach: Participants campaign • City with the Rural: Resilience, quality of live and productive biodiversity
Literatur	• 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 • http://youtu.be/9hmkgN0nBgk (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation) • TEDx New Town Ralf Otterpohl: http://youtu.be/_M0J2u9BrbU

Lehrveranstaltung L0939: Water & Wastewater Systems in a Global Context	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Ralf Otterpohl
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Keynote lecture and video • Water & Soil: Water availability as a consequence of healthy soils • Water and it's utilization, Integrated Urban Water Management • Water & Energy, lecture and panel discussion pro and con for a specific big dam project • Rainwater Harvesting on Catchment level, Holistic Planned Grazing, Multi-Use-Reforestation • Sanitation and Reuse of water, nutrients and soil conditioners, Conventional and Innovative Approaches • Why are there excreta in water? Public Health, Awareness Campaigns • Rehearsal session, Q&A
Literatur	• Montgomery, David R. 2007: Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press • Liu, John D.: http://eempc.org/hope-in-a-changing_climate/ (Integrated regeneration of the Loess Plateau, China, and sites in Ethiopia and Rwanda) • http://youtu.be/9hmkgn0nBgk (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation)

Modul M0898: Heterogeneous Catalysis			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Prof. Raimund Horn		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Content of the bachelor-modules "process technology", as well as particle technology, fluidmechanics in process-technology and transport processes.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> 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>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. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> The students are able to plan, prepare, conduct and document experiments according to scientific guidelines in small groups. 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.		
Arbeitsaufwand in Stunden			
Leistungspunkte			
Studienleistung			
Prüfung			
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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)
Literatur	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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. 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). Heterogeneous catalysis is an interdisciplinary science requiring knowledge of different scientific disciplines such as • Materials Science (synthesis and characterization of solid catalysts) • Physics (structure and electronic properties of solids, defects) • Physical Chemistry (thermodynamics, reaction mechanisms, chemical kinetics, adsorption, desorption, spectroscopy, surface chemistry, theory) • Reaction Engineering (catalytic reactors, mass- and heat transport in catalytic reactors, multi-scale modeling, application of heterogeneous catalysis) 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.
Literatur	• J.M. Thomas, W.J. Thomas: Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis, VCH • I. Chorkendorff, J. W. Niemantsverdriet, Concepts of Modern Catalysis and Kinetics, WILEY-VCH • B.C. Gates: Catalytic Chemistry, John Wiley • R.A. van Santen, P.W.N.M. van Leeuwen, J.A. Moulijn, B.A. Averill (Eds.): Catalysis: an integrated approach, Elsevier • D.P. Woodruff, T.A. Delchar: Modern Techniques of Surface Science, Cambridge Univ. Press • J.W. Niemantsverdriet: Spectroscopy in Catalysis, VCH • F. Delannay (Ed.): Characterization of heterogeneous catalysts, Marcel Dekker • C.H. Bartholomew, R.J. Farrauto: Fundamentals of Industrial Catalytic Processes (2nd Ed.), Wiley

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

Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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-/problemorientierte Lehrveranstaltung	3	3
Sicherheit chemischer Reaktionen (L1321)	Vorlesung	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Die Studierenden sollten die Bachelor-Veranstaltungen "Verfahrenstechnik" erfolgreich absolviert haben.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	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>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in international besetzten Teams auf englisch diskutieren und unter Zeitdruck einen Lösungsweg erarbeiten.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende können selbstständig auswählen, welche Kenntnisse und Fähigkeiten sie durch die Wahl der geeigneten Fächer vertiefen.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
Leistungspunkte	6		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2797: Bioeconomy	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	60 min
Dozenten	Prof. Garabed Antranikian
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	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.
Literatur	

Lehrveranstaltung L0508: Chemical Kinetics	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 Minuten
Dozenten	Prof. Raimund Horn
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Micro kinetics, formal kinetics, molecularity, reaction order, integrated rate laws - Complex reactions, reversible reactions, consecutive reactions, parallel reactions, approximation methods: steady-state, pseudo-first order, numerical solution of rate equations , example : Belousov-Zhabotinskii reaction - Experimental methods of kinetics, integral approach, differential approach, initial rate method, method of half-life, relaxation methods - Collision theory, Maxwell velocity distribution, collision numbers, line of centers model - 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 - 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 - Explosions, cold flames
Literatur	J. I. Steinfeld, J. S. Francisco, W. L. Hase: Chemical Kinetics & Dynamics, Prentice Hall K. J. Laidler: Chemical Kinetics, Harper & Row Publishers R. K. Masel. Chemical Kinetics & Catalysis , Wiley I. Chorkendorff,, J. W. Niemantsverdriet: Concepts of modern Catalysis and Kinetics, Wiley

Lehrveranstaltung L0052: Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	60 min
Dozenten	Prof. Werner Sitzmann
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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.
Literatur	Kaltschmitt M., Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Bioamasse, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-64853-4 Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. www.nachwachsende-rohstoffe.de Bockisch M.: Nahrungsfette und -öle, Ulmer Verlag, 1993, ISBN 380000158175

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

Lehrveranstaltung L2437: Optics for Engineers	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Prüfungsart	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
Prüfungsdauer und -umfang	Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion
Dozenten	Prof. Thorsten Kern
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Basic values for optical systems and lighting technology • Spectrum, black-bodies, color-perception • Light-Sources und their characterization • Photometrics • Ray-Optics • Matrix-Optics • Stops, Pupils and Windows • Light-field Technology • Introduction to Wave-Optics • Introduction to Holography
Literatur	

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

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

Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Bioraffinerien - Technische Auslegung und Optimierung (L1832)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3 3
CAPE bei Energieprojekten (L0022)		Projektierungskurs	3 3
Modulverantwortlicher	Prof. Martin Kaltschmitt		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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. Des Weiteren können sie die Grundlagen zur allgemeinen Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben, insbesondere mit ASPEN PLUS® und ASPEN CUSTOM MODELER® beschreiben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik: • modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Produktionsprozessen • auch bei unvollständiger Information in der zu bearbeitenden Aufgabe alternative Eingangsparameter abzuwägen, • die Arbeitsergebnisse durch Ausarbeitung einer schriftlichen Arbeit, durch die Präsentation eines Vortrags und der Verteidigung der Inhalte systematische zu dokumentieren. Sie können die ASPEN PLUS ® and ASPEN CUSTOM MODELER ® zur Modellierung energetischer Systeme anwenden und die Simulationslösung bewerten. 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.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können • im Team von circa 2-3 Personen zusammenarbeiten, • wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung von Prozessen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln, • ihre eigenen Arbeitsergebnisse vor Kommiliton*innen vertreten und die Leistungen der Kommiliton*innen im Vergleich zu Ihrer eigenen Leistung einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen.		
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung		
Prüfungsdauer und -umfang	Schriftliche Ausarbeitung inkl. Vortrag		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Oliver Lüdtke
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Empfohlene Vorkenntnisse: Prozess- und Anlagentechnik I und II Thermische Grundoperationen Wärme- und Stoffübertragung Strömungsmechanik I und II I. Wiederholung Grundlagen: 1. Rohrbündel Wärmeübertrager 2. Dampfkessel und Kältemaschinen 3. Pumpen und Turbinen 4. Strömung in Rohrleitungssystemen 5. Pumpen und Mischen nicht-newtonscher Fluide 6. Anforderungen eines detaillierten Anlagen-Aufstellungsplans II. Selbstständiges Rechnen: 1. Das Planen und Auslegen eines spezifischen Anlagenteils einer Bioraffinerie in Gruppenarbeit (z.B. Ethanoldestillation oder Fermentation) auf Basis realistischer Annahmen aus der Industrie. ◦ Massen- & Energiebilanzen (Aspen) ◦ Spezifische Apparate Auslegung (Wärmetauscher/Pumpen/Behälter/Rohre etc.) ◦ Isolierungen, Wanddicken und Behälter Material ◦ Energie-, Dampf-, Kühlbedarf ◦ Armaturen und Messinstrumente sowie Sicherheitseinrichtungen ◦ Vorgabe der Hauptregelkreise 2. Dabei wird der Zusammenhang und die Abhängigkeiten verschiedener Phänomene deutlich und die Beschreibung des Prozesses erfolgt anhand einer tatsächlich existierenden Anlage. 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. 4. Je nach Zeitbedarf und Gruppengröße werden auch Kostenabschätzung und die Erstellung eines ausführlichen R&I Fließbildes betrachtet
Literatur	Perry, R.;Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 2007 Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014

Lehrveranstaltung L0022: CAPE bei Energieprojekten	
Typ	Projektierungskurs
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• CAPE = <i>Computer-Aided-Project-Engineering</i> • EINFÜHRUNG IN DIE THEORIE ◦ Klassen von Simulationsprogrammen ◦ Sequentiell-modularer Ansatz ◦ Gleichungsorientierter Ansatz ◦ Simultan-modularer Ansatz ◦ Allgemeine Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben ◦ Spezielle Vorgehensweise zur Lösung von Modellen mit Rückführungen • COMPUTER-ÜBUNGEN zu erneuerbaren Energieprojekten MIT ASPEN PLUS® UND ASPEN CUSTOM MODELER® ◦ Anwendungsbereich, Potential und Grenzen von Aspen Plus® und Aspen Custom Modeler® ◦ Benutzung der integrierten Datenbanken für Stoffdaten ◦ Methoden zur Abschätzung nicht vorhandener physikalischer Stoffdaten ◦ Benutzung der Modellbibliotheken und Prozesssynthese ◦ Anwendung von Design-Spezifikationen und Sensitivitätsanalysen ◦ Lösung von Optimierungsproblemen Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.
Literatur	• Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide • William L. Luyben; Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5

Modul M1709: Applied optimization in energy and process engineering				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2693)		Integrierte Vorlesung	2	3
Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2695)		Gruppenübung	3	3
Modulverantwortlicher		Prof. Mirko Skiborowski		
Zulassungsvoraussetzungen		None		
Empfohlene Vorkenntnisse		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		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse		Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz		<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. • Introduction to Applied Optimization • Formulation of optimization problems • Linear Optimization • Nonlinear Optimization • Mixed-integer (non)linear optimization • Multi-objective optimization • Global optimization		
		<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.		
Personale Kompetenzen		<i>Sozialkompetenz</i> Students are capable of: •develop solutions in heterogeneous small groups <i>Selbstständigkeit</i> Students are capable of: •taping new knowledge on a special subject by literature research		
Arbeitsaufwand in Stunden		Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte		6		
Studienleistung		Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
		Nein 10 %	Midterm	Bonuspunkte
Prüfung		Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang		35 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula		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		

Lehrveranstaltung L2693: Applied optimization in energy and process engineering	
Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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. - Introduction to Applied Optimization - Formulation of optimization problems - Linear Optimization - Nonlinear Optimization - Mixed-integer (non)linear optimization - Multi-objective optimization - Global optimization
Literatur	Weicker, K., Evolutionäre Algorithmen, Springer, 2015 Edgar, T. F., Himmelblau D. M., Lasdon, L. S., Optimization of Chemical Processes, McGraw Hill, 2001 Biegler, L. Nonlinear Programming - Concepts, Algorithms, and Applications to Chemical Processes, 2010 Kallrath, J. Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis, Vieweg, 2002

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

Modul M1954: Process Simulation and Process Safety			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
CAPE inkl. Computerübung (L1039)	Integrierte Vorlesung	3	4
Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe (L1040)	Vorlesung	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Mirko Skiborowski		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	thermal separation processes heat and mass transport processes		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<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 Personale Kompetenzen <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		
Arbeitsaufwand in Stunden			
Leistungspunkte			
Studienleistung			
Prüfung			
Prüfungsdauer und -umfang	Klausur 90 Minuten und schriftliche Ausarbeitung		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	I. Introduction 1. Fundamentals of steady state process simulation 1.1. Classes of simulation tools 1.2. Sequential-modularer approach 1.3. Operating mode of ASPEN PLUS 2. Introduction in ASPEN PLUS 2.1. GUI 2.2. Estimation methods of physical properties 2.3. Aspen tools (z.B. Designspecification) 2.4. Convergence methods II. Exercises using ASPEN PLUS and ACM - Performance and constraints of ASPEN PLUS - ASPEN datenbank using - Estimation methods of physical properties - Application of model databank, process synthesis - Design specifications - Sensitivity analysis - Optimization tasks - Industrial cases
Literatur	- G. Fieg: Lecture notes - Seider, W.D.; Seader, J.D.; Lewin, D.R.: Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation; Hoboken, J. Wiley & Sons, 2010

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

Modul M2028: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Lagrangescher Transport in turbulenten Strömungen (L2301)	Vorlesung	2	3
Numerische Strömungssimulation - Übung mit OpenFoam (L1375)	Gruppenübung	1	1
Numerische Strömungssimulation in der Verfahrenstechnik (L1052)	Vorlesung	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	- Mathematics I-IV - Basic knowledge in Fluid Mechanics - Basic knowledge in chemical thermodynamics		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	After successful completion of the module the students are able to - explain the the basic principles of statistical thermodynamics (ensembles, simple systems) - describe the main approaches in classical Molecular Modeling (Monte Carlo, Molecular Dynamics) in various ensembles - discuss examples of computer programs in detail, - evaluate the application of numerical simulations, - list the possible start and boundary conditions for a numerical simulation.		
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able to: - set up computer programs for solving simple problems by Monte Carlo or molecular dynamics, - solve problems by molecular modeling, - set up a numerical grid, - perform a simple numerical simulation with OpenFoam, - evaluate the result of a numerical simulation.		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	The students are able to - develop joint solutions in mixed teams and present them in front of the other students, - to collaborate in a team and to reflect their own contribution toward it.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students are able to: - evaluate their learning progress and to define the following steps of learning on that basis, - evaluate possible consequences for their profession.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Yan Jin
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Contents - Common variables and terms for characterizing turbulence (energy spectra, energy cascade, etc.) - An overview of Lagrange analysis methods and experiments in fluid mechanics

	- Critical examination of the concept of turbulence and turbulent structures. -Calculation of the transport of ideal fluid elements and associated analysis methods (absolute and relative diffusion, Lagrangian Coherent Structures, etc.) - Implementation of a Runge-Kutta 4th-order in Matlab - Introduction to particle integration using ODE solver from Matlab - Problems from turbulence research - Application analytical methods with Matlab. Structure: - 14 units a 2x45 min. - 10 units lecture - 4 Units Matlab Exercise- Go through the exercises Matlab, Peer2Peer? Explain solutions to your colleague Learning goals: Students receive very specific, in-depth knowledge from modern turbulence research and transport analysis. → Knowledge 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 The students are trained in the personal competence to independently delve into and research a scientific topic. → Independence 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 Required knowledge: Fluid mechanics 1 and 2 advantageous Programming knowledge advantageous
Literatur	Bakunin, Oleg G. (2008): Turbulence and Diffusion. Scaling Versus Equations. Berlin [u. a.]: Springer Verlag. 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. Davidson, P. A. (2015): Turbulence. An introduction for scientists and engineers. Second edition. Oxford: Oxford Univ. Press. 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. Grigoriev, Roman (2011): Transport and Mixing in Laminar Flows. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Haller, George (2015): Lagrangian Coherent Structures. In: Annu. Rev. Fluid Mech. 47 (1), S. 137-162. DOI: 10.1146/annurev-fluid-010313-141322. 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. 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. 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. Klages, Rainer; Radons, Günter; Sokolov, Igor M. (2008): Anomalous Transport: Wiley. LaCasce, J. H. (2008): Statistics from Lagrangian observations. In: Progress in Oceanography 77 (1), S. 1-29. DOI: 10.1016/j.pcean.2008.02.002. 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. 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. 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. Pope, Stephen B. (2000): Turbulent Flows. Cambridge: Cambridge University Press.

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

Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• generation of numerical grids with a common grid generator • selection of models and boundary conditions • basic numerical simulation with OpenFoam within the TUHH CIP-Pool
Literatur	OpenFoam Tutorials (StudIP)

Lehrveranstaltung L1052: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Introduction into partial differential equations • Basic equations • Boundary conditions and grids • Numerical methods • Finite difference method • Finite volume method • Time discretisation and stability • Population balance • Multiphase Systems • Modeling of Turbulent Flows • Exercises: Stability Analysis • Exercises: Example on CFD - analytically/numerically
Literatur	Paschedag A.R.: CFD in der Verfahrenstechnik: Allgemeine Grundlagen und mehrphasige Anwendungen, Wiley-VCH, 2004 ISBN 3-527-30994-2. Ferziger, J.H.; Peric, M.: Numerische Strömungsmechanik. Springer-Verlag, Berlin, 2008, ISBN: 3540675868. Ferziger, J.H.; Peric, M.: Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer, 2002, ISBN 3-540-42074-6

Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse (L1065)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis (L1172)	Seminar	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Anna-Lena Heins		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik oder Verfahrenstechnik auf Bachelorniveau		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls • können die Studierenden den aktuellen Stand der Forschung zum jeweils diskutierten Themengebiet wiedergeben • können die Studierenden die grundlegenden Prinzipien des jeweils bearbeiteten biotechnologischen Produktionsprozesse benennen		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, • aktuelle Forschungsansätze zu analysieren und zu bewerten • biotechnologische Produktionsprozesse grundsätzlich auszulegen		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	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>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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Referat		
Prüfungsdauer und -umfang	Vortrag + Diskussion (45 min) + Schriftliche Ausarbeitung (10 Seiten),		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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		

Lehrveranstaltung L1065: Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Wilfried Blümke
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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. • Asset Lifecycle • Digitalisierung in der Bioprozess-Industrie • Grundprinzipien der industriellen Bioverfahrensentwicklung • Nachhaltigkeits-Aspekte bei der Entwicklung bioverfahrenstechnischer Prozesse
Literatur	Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract 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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts

Lehrveranstaltung L1172: Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Stephan Freyer
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Diese Lehrveranstaltung gibt einen Einblick in die Methodik bei der Entwicklung von Prozessen der Industriellen Biotechnologie. Wichtige Teilaspekte hierbei sind beispielsweise die Entwicklung der Fermentation und der Aufarbeitungsschritte zum jeweiligen Zielmolekül, die Integration der Teilschritte zu einem Gesamtverfahren sowie die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.
Literatur	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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract 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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts

Modul M2029: Process Imaging			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Prozessbildgebung (L2723)	Vorlesung	3	3
Prozessbildgebung Praktikum (L2724)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Penn		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	No special prerequisites needed. An interest in imaging techniques and image processing is helpful but not mandatory.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<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: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem. <i>Fertigkeiten</i> After the successful completion of the course, the students shall: 1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods, 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 3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering. Personale Kompetenzen <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. <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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	70 % schriftlicher Prüfung, 30% aktiver Mitarbeit und Abschlusspräsentation der problembasierten Lerneinheiten mit 5- 10 seitigen Bericht		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Penn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.
Literatur	Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. Available as e-book in the library of TUHH: https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395

Lehrveranstaltung L2724: Process Imaging Practicals	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Penn, Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Content: 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: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurements work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem. Learning goals: After the successful completion of the course, the students shall: 1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods, 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 3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.
Literatur	Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. Available as e-book in the library of TUHH: https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395

Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0100)		Vorlesung	4	3
Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0230)		Gruppenübung	2	3
Modulverantwortlicher		Dr. Simon Müller		
Zulassungsvoraussetzungen		None		
Empfohlene Vorkenntnisse		Thermodynamics III		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse		Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz				
Wissen	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.			
Fertigkeiten	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.			
Personale Kompetenzen				
Sozialkompetenz	Students are capable to develop and discuss solutions in small groups; further they can translate these solutions into calculation algorithms.			
Selbstständigkeit	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.			
Arbeitsaufwand in Stunden		Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte		6		
Studienleistung		Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
		Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfung		Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang		20 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula		Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Wahlpflicht 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	
Typ	Vorlesung
SWS	4
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 34, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Ralf Dohrn
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Phase equilibria in multicomponent systems • Partitioning in biorelevant systems • Calculation of phase equilibria in colloidal systems: UNIFAC, COSMO-RS (exercises in computer pool) • Calculation of partitioning coefficients in biological membranes: COSMO-RS (exercises in computer pool) • Application of equations of state (vapour pressure, phase equilibria, etc.) (exercises in computer pool) • Intermolecular forces, interaction Potentials • Introduction in statistical thermodynamics
Literatur	

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

Modul M0542: Strömungsmechanik in der Verfahrenstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Anwendungen der Strömungsmechanik in der VT (L0106)	Hörsaalübung	2	2
Strömungsmechanik II (L0001)	Vorlesung	2	4
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	• Mathematik I-III • Grundlagen der Strömungsmechanik • Technische Thermodynamik I-II • Wärme- und Stoffübertragung		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
<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.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können die vorgegebene Aufgabenstellungen in Kleingruppen diskutieren und einen gemeinsamen Lösungsweg erarbeiten.		
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	180 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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.
Literatur	1. Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971. 2. Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion. Frankfurt: Sauerländer 1972. 3. Crowe, C. T.: Engineering fluid mechanics. Wiley, New York, 2009. 4. Durst, F.: Strömungsmechanik: Einführung in die Theorie der Strömungen von Fluiden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006. 5. Fox, R.W.; et al.: Introduction to Fluid Mechanics. J. Wiley & Sons, 1994. 6. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Eine Einführung in die Physik und die mathematische Modellierung von Strömungen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006. 7. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Einführung in die Physik von technischen Strömungen: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008. 8. Kuhlmann, H.C.: Strömungsmechanik. München, Pearson Studium, 2007 9. Oertl, H.: Strömungsmechanik: Grundlagen, Grundgleichungen, Lösungsmethoden, Softwarebeispiele. Vieweg+ Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009. 10. Schade, H.; Kunz, E.: Strömungslehre. Verlag de Gruyter, Berlin, New York, 2007. 11. Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1: Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008. 12. Schlichting, H. : Grenzschicht-Theorie. Springer-Verlag, Berlin, 2006. 13. van Dyke, M.: An Album of Fluid Motion. The Parabolic Press, Stanford California, 1882. 14. White, F.: Fluid Mechanics, McGraw-Hill, ISBN-10: 0071311211, ISBN-13: 978-0071311212, 2011.

Lehrveranstaltung L0001: Strömungsmechanik II	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Differenzialgleichungen zum Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch • Beispiele für Vereinfachungen der Navier-Stokes Gleichungen • Instationärer Impulsaustausch • Freie Scherschichten, Turbulenz und Freistrah • Partikelumströmungen – Feststoffverfahrenstechnik • Kopplung Impuls- und Wärmetransport - Thermische VT • Kopplung Impuls- und Wärmetransport - Thermische VT • Rheologie – Bioverfahrenstechnik • Kopplung Impuls- und Stofftransport – Reaktives Mischen, Chemische VT • Strömung in porösen Medien – heterogene Katalyse • Pumpen und Turbinen - Energie- und Umwelttechnik • Wind- und Wellenkraftanlagen - Regenerative Energien • Einführung in die numerische Strömungssimulation
Literatur	1. Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971. 2. Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion. Frankfurt: Sauerländer 1972. 3. Crowe, C. T.: Engineering fluid mechanics. Wiley, New York, 2009. 4. Durst, F.: Strömungsmechanik: Einführung in die Theorie der Strömungen von Fluiden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006. 5. Fox, R.W.; et al.: Introduction to Fluid Mechanics. J. Wiley & Sons, 1994. 6. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Eine Einführung in die Physik und die mathematische Modellierung von Strömungen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006. 7. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Einführung in die Physik von technischen Strömungen: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008. 8. Kuhlmann, H.C.: Strömungsmechanik. München, Pearson Studium, 2007 9. Oertl, H.: Strömungsmechanik: Grundlagen, Grundgleichungen, Lösungsmethoden, Softwarebeispiele. Vieweg+ Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009. 10. Schade, H.; Kunz, E.: Strömungslehre. Verlag de Gruyter, Berlin, New York, 2007. 11. Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1: Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008. 12. Schlichting, H. : Grenzschicht-Theorie. Springer-Verlag, Berlin, 2006. 13. van Dyke, M.: An Album of Fluid Motion. The Parabolic Press, Stanford California, 1882.

Modul M0633: Industrial Process Automation			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Prozessautomatisierungstechnik (L0344)	Vorlesung	2	3
Prozessautomatisierungstechnik (L0345)	Gruppenübung	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Schlaefer		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	mathematics and optimization methods principles of automata principles of algorithms and data structures programming skills		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<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'. <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. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> The students can independently define work processes within their groups, distribute tasks within the group and develop solutions collaboratively. <i>Selbstständigkeit</i> The students are able to assess their level of knowledge and to document their work results adequately.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Nein 10 %	Übungsaufgaben	
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Electrical Engineering and Information Technology: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: 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		

Lehrveranstaltung L0344: Industrial Process Automation	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Alexander Schlaefer
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- foundations of problem solving and system modeling, discrete event systems - properties of processes, modeling using automata and Petri-nets - design considerations for processes (mutex, deadlock avoidance, liveness) - optimal scheduling for processes - optimal decisions when planning manufacturing systems, decisions under uncertainty - software design and software architectures for automation, PLCs
Literatur	J. Lunze: „Automatisierungstechnik“, Oldenbourg Verlag, 2012 Reisig: Petrinetze: Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien; Vieweg+Teubner 2010 Hrúz, 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

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

Modul M0742: Thermische Energiesysteme			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Thermische Energiesysteme (L0023)	Vorlesung	3	5
Thermische Energiesysteme (L0024)	Hörsaalübung	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Arne Speerforck		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Technische Thermodynamik I, II, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	60 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Pflicht Energietechnik: Vertiefung Schiffsmaschinenbau: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht Maschinenbau - Produktentwicklung und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0023: Thermische Energiesysteme	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	5
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 108, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Gerhard Schmitz, Prof. Arne Speerforck
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Einleitung 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 3. Heizungssysteme 3.1. Warmwasserheizungen 3.2 Anlagen zur Warmwasserbereitung 3.3 Rohrnetzberechnung 3.4 Wärmeerzeuger 3.5 Warmluftheizungen 3.6 Strahlungsheizungen 4 .Wärme- und Wärmebehandlungssysteme 4.1 Industrieöfen 4.2 Schmelzanlagen 4.3 Trocknungsanlagen 4.4 Schadstoffemissionen 4.5 Schornsteinberechnungsverfahren 4.6 Energiemesssysteme 5. Verordnung und Normen 5.1 Gebäude 5.2 Industrielle und gewerbliche Anlagen
Literatur	• Schmitz, G.: Klimaanlagen, Skript zur Vorlesung • VDI Wärmeatlas, 11. Auflage, Springer Verlag, Düsseldorf 2013 • Herwig, H.; Moschallski, A.: Wärmeübertragung, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2009 • Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schrammek, E.-R.: Taschenbuch für Heizung- und Klimatechnik 2013/2014, 76. Auflage, Deutscher Industrieverlag, 2013

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

Modul M0802: Membrane Technology			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Membrantechnologie (L0399)	Vorlesung	2	3
Membrantechnologie (L0400)	Gruppenübung	1	2
Membrantechnologie (L0401)	Laborpraktikum	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Mathias Ernst		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge of water chemistry. Knowledge of the core processes involved in water, gas and steam treatment		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht 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 Chemical and Bioprocess Engineering: Technischer Ergänzungskurs: 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		

Lehrveranstaltung L0399: Membrane Technology	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Mathias Ernst
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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 electrodialysis, 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. 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. 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.
Literatur	• T. Melin, R. Rautenbach: Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung (2., erweiterte Auflage), Springer-Verlag, Berlin 2004. • Marcel Mulder, Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands • Richard W. Baker, Membrane Technology and Applications, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd., 2004

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

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

Modul M0900: Examples in Solid Process Engineering				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Grundlagen der Wirbelschichttechnologie (L0431)		Vorlesung	2	2
Praktikum Wirbelschichttechnologie und Trocknungstechnologie (L1369)		Laborpraktikum	1	1
Trocknungstechnologie (L3366)		Vorlesung	2	2
Übungen zur Wirbelschichttechnologie und Trocknungstechnologie (L1372)		Gruppenübung	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Stefan Heinrich			
Zulassungsvoraussetzungen	None			
Empfohlene Vorkenntnisse	Knowledge from the module particle technology			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> After completion of the module the students will be able to describe based on examples the assembly of solids engineering processes consisting of multiple apparatuses and subprocesses. They are able to describe the coaction and interrelation of subprocesses. <i>Fertigkeiten</i> Students are able to analyze tasks in the field of solids process engineering and to combine suitable subprocesses in a process chain. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Students are able to discuss technical problems in a scientific manner. <i>Selbstständigkeit</i> Students are able to acquire scientific knowledge independently and discuss technical problems in a scientific manner.			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84			
Leistungspunkte	6			
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung	
	Ja Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	drei Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten	
Prüfung	Klausur			
Prüfungsdauer und -umfang	120 Minuten			
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: 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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Stefan Heinrich
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.

Lehrveranstaltung L1369: Practical Course Fluidization Technology and Drying Technology	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Stefan Heinrich
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Experiments: • Determination of the minimum fluidization velocity • Heat transfer in fluidized beds • Granulation • Spray drying • Freeze drying
Literatur	Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.

Lehrveranstaltung L3366: Drying Technology	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Swantje Pietsch-Braune
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Fundamental knowledge different drying technologies • Understand and calculate heat and mass transfer processes involved in the different drying technologies • Learn about most important types of dryers for industrial applications
Literatur	• Mujumdar, A. S., & Tsotsas, E. (2007). Modern drying technology. Weinheim: Wiley-VCH. • Krischer, O., Kast, W., & Kröll, K. (1978). Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik (3., Neubearb. Aufl.). Berlin [u.a.]: Springer.

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

Modul M0990: Studienarbeit Bioverfahrenstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Studienarbeit Bioverfahrenstechnik (L1192)	Laborpraktikum	6	6
Modulverantwortlicher	Prof. Johannes Gescher		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik oder Verfahrenstechnik auf Bachelorniveau		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Die Studierenden können das Forschungsprojekt, in dem sie gearbeitet haben, erläutern und zu aktuellen Themenstellungen der Bioverfahrenstechnik in Bezug setzen. Sie können die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden, mit denen sie gearbeitet haben, detailliert erläutern. <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. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Studierende sind in der Lage, mit Mitarbeiter*innen 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. Sie können die Durchführung der notwendigen Experimente selbst planen und organisieren.		
Arbeitsaufwand in Stunden			
Leistungspunkte			
Studienleistung			
Prüfung			
Prüfungsdauer und -umfang	laut FSPO		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1192: Studienarbeit Bioverfahrenstechnik	
Typ	Laborpraktikum
SWS	6
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Dozenten	Dozenten des SD V
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	
Literatur	

Modul M1017: Lebensmittelverfahrenstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Lebensmittelverfahrenstechnik (L1216)	Vorlesung	2	3
Praxiskurs: Brautechnologie (L1242)	Laborpraktikum	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Stefan Heinrich		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	- Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Partikeltechnologie - Trennverfahren; Wärme- und Stofftransport I		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Die Studierenden sind nach erfolgreichem Abschluss des Moduls in der Lage, - die stofflichen Eigenschaften der Lebensmittel zu erklären - grundlegende Produktionsprozesse für Lebensmittel zu erläutern - ausgewählte Herstellprozesse detailliert zu beschreiben. <i>Fertigkeiten</i> Studenten sind in der Lage - Prozessketten zur Lebensmittelproduktion zusammenzustellen und auszulegen - die Auswirkungen einzelner Prozessschritte auf die Lebensmitteleigenschaften zu beurteilen Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Studierende sind in der Lage technische Probleme in einem wissenschaftlichen Umfeld zu diskutieren. <i>Selbstständigkeit</i> Studierende sind dazu in der Lage fachspezifisches Wissen selbstständig zu vertiefen und in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	10 - 15 Seiten
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

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

Lehrveranstaltung L1242: Praxiskurs: Brautechnologie	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Stefan Heinrich, Prof. Andreas Liese
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Im Rahmen des Praxiskurses Brautechnologie werden zunächst nochmals die Grundlagen der enzymatischen und mikrobiologischen Fermentation von Lebensmittel wiederholt. 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. 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.
Literatur	Ludwig Narziss: Abriss der Bierbrauerei, 7. Auflage, Wiley VCH

Modul M0662: Numerical Mathematics I			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Numerische Mathematik I (L0417)	Vorlesung	2	3
Numerische Mathematik I (L0418)	Gruppenübung	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Sabine Le Borne		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	- Mathematik I + II for Engineering Students (german or english) or Analysis & Linear Algebra I + II for Technomathematicians - basic MATLAB/Python knowledge		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	Students are able to - name numerical methods for interpolation, integration, least squares problems, eigenvalue problems, nonlinear root finding problems and to explain their core ideas, - repeat convergence statements for the numerical methods, - explain aspects for the practical execution of numerical methods with respect to computational and storage complexity.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to - implement, apply and compare numerical methods using MATLAB/Python, - justify the convergence behaviour of numerical methods with respect to the problem and solution algorithm, - select and execute a suitable solution approach for a given problem.		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to 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.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are capable - to assess whether the supporting theoretical and practical exercises are better solved individually or in a team, - to assess their individual progress and, if necessary, to ask questions and seek help.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Pflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Mediziningenieurwesen: 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 Computer Science: Vertiefung II. Mathematik und Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Data Science: Kernqualifikation: Pflicht Elektrotechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Elektrotechnik und Informationstechnik: 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		

Lehrveranstaltung L0417: Numerical Mathematics I	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Sabine Le Borne
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Finite precision arithmetic, error analysis, conditioning and stability 2. Linear systems of equations: LU and Cholesky factorization, condition 3. Interpolation: polynomial, spline and trigonometric interpolation 4. Nonlinear equations: fixed point iteration, root finding algorithms, Newton's method 5. Linear and nonlinear least squares problems: normal equations, Gram Schmidt and Householder orthogonalization, singular value decomposition, regularization, Gauss-Newton and Levenberg-Marquardt methods 6. Eigenvalue problems: power iteration, inverse iteration, QR algorithm 7. Numerical differentiation 8. Numerical integration: Newton-Cotes rules, error estimates, Gauss quadrature, adaptive quadrature
Literatur	• Gander/Gander/Kwok: Scientific Computing: An introduction using Maple and MATLAB, Springer (2014) • Stoer/Bulirsch: Numerische Mathematik 1, Springer • Dahmen, Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer

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

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

Lehrveranstaltung L2804: Homogeneous catalysis in application	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Jakob Albert
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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.
Literatur	1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013 2. A. Behr, „Angewandte homogene Katalyse“, Wiley-VCH, 2008

Lehrveranstaltung L2802: Industrial homogeneous catalysis	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Maximilian Poller
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Introduction to homogeneous catalysis • Elementary steps of catalysis • Homogeneous transition metal catalysis • Hydroformylation • Wacker process • Monsanto process • Shell higher olefin process (SHOP) • Extractive-oxidative desulphurisation (ECODS) • Phase transfer catalysis • Liquid-liquid two-phase catalysis • Catalyst recycling • Reactor concepts
Literatur	1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013 2. A. Behr, „Angewandte homogene Katalyse“, Wiley-VCH, 2008

Lehrveranstaltung L2803: Industrial homogeneous catalysis	
Typ	Hörsaalübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Samrin Shaikh, Dr. Maximilian Poller
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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.
Literatur	1. A. Jess, P. Wasserscheid, „Chemical Technology“, Wiley VCH, 2013 2. A. Behr, „Angewandte homogene Katalyse“, Wiley-VCH, 2008

Modul M1354: Advanced Fuels			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Prof. Martin Kaltschmitt		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme des Moduls in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik: • Modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Kraftstoffproduktionsprozessen bzw. den entsprechenden Bereitstellungsketten • Umfangreiche Analyse verschiedener Kraftstoffbereitstellungsoptionen in technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht 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.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln.		
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja 20 %	Schriftliche Ausarbeitung	Details werden in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben.
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemie- und Bioingenieurwesen: 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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- 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) - Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe
Literatur	Vorlesungsskript

Lehrveranstaltung L1926: Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Karsten Wilbrand
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Allgemeine Übersicht über verschiedene Advanced Biofuels und deren Prozesspfade (u.a. Gas-to-Liquid, HEFA und Alcohol-to-Jet Prozesse) - Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe
Literatur	- Babu, V.: Biofuels Production. Beverly, Mass: Scrivener [u.a.], 2013 - Olsson, L.: Biofuels. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007 - William, L. L.: Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5 - Perry, R.; Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 20 - Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014 - Kaltschmitt, M.; Neuling, U. (Ed.): Biokerosene - Status and Prospects; Springer, Berlin, Heidelberg, 2018

Lehrveranstaltung L2416: Mobilität und Klimaschutz	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Benedikt Buchspies, Dr. Karsten Wilbrand
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Anwendung der erlernten theoretischen Kenntnisse aus den jeweiligen Vorlesungen anhand konkreter Aufgaben aus der Praxis - Auslegung und Simulation von Teilprozessen der Produktionsprozesse in Aspen Plus ® - Ökologische und ökonomische Analyse von Kraftstoffbereitstellungspfaden - Einordnung von Fallbeispielen in geltende Regularien
Literatur	- Skriptum zur Vorlesung - Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide

Lehrveranstaltung L2415: Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Benedikt Buchspies
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Gesamtheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Kraftstoffpfade mit u. a folgenden Themenschwerpunkten: • Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Kraftstoffe • Ökonomische Betrachtung der verschiedenen alternativen Kraftstoffe • Regulatorischer Rahmen alternativer Kraftstoffe • Zertifizierung von alternativen Kraftstoffen • Markteinführungsmodelle alternativer Kraftstoffe
Literatur	• 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 • Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen

Modul M1796: Magnetic resonance in engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Grundlagen der Magnetresonanz (L2968)	Vorlesung	3	3
Magnetresonanz in den Ingenieurwissenschaften (L2969)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Modulverantwortlicher	Dr. Stefan Benders		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	No special previous knowledge is necessary.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<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 Personale Kompetenzen <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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	120 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Materials Science and Engineering: Vertiefung Engineering Materials: Wahlpflicht Materials Science and Engineering: Vertiefung Nano and Hybrid Materials: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2968: Fundamentals of Magnetic Resonance	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	This lecture covers the fundamentals magnetic resonance imaging (MRI) and magnetic resonance spectroscopy (NMR). It focuses on the following topics: 1. The fundamentals of magnetic resonance: magnetism, magnetic fields, radiofrequency, spin, relaxation 2. Hardware for magnetic resonance: magnets (high-field and low-field), radiofrequency coil design, magnetic field gradients 3. NMR-Spectroscopy: chemical shift, J-Coupling, 2D NMR, solid-state, MAS 4. Relaxometry: single-sided NMR, contrasts, 5. Magnetic resonance imaging (MRI): gradients, coils, k-space, imaging sequences, ultrafast Imaging, parallel imaging, velocimetry, CEST 6. Hyperpolarization techniques: DNP, p-H₂, optical pumping with Xe 7. Applications of magnetic resonance in chemical engineering 8. Applications of magnetic resonance in material science and engineering 9. Applications of magnetic resonance in biomedical engineering
Literatur	Stapf, S., & Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8 Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524 , doi: https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001 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 & Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953 Haber-Pohlmeier, Sabina, Bernhard Blumich, and Luisa Ciobanu, (2022) Magnetic Resonance Microscopy: Instrumentation and Applications in Engineering, Life Science, and Energy Research. John Wiley & Sons

Lehrveranstaltung L2969: Magnetic Resonance in Engineering	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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.
Literatur	Stapf, S., & Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8 Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524, doi: https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001 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 & Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953

Modul M1955: Process Intensification in Process Engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik (L1978)	Vorlesung	2	2
Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik (L1715)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	4
Modulverantwortlicher	Prof. Mirko Skiborowski		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Process and Plant Engineering 1 Process and Plant Engineering 2 Basics in Process Engineering		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	Students are able to evaluate hybrid processes		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to evaluate processes with regard to their suitability as hybrid processes and to interpret them		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to apply the principles of project management for small groups.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to acquire and discuss specialized knowledge about hybrid processes.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	Projektbericht inkl. PM-Dokumente und Klausur (45 Minuten)		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: 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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Thomas Waluga, Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	- 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)

Lehrveranstaltung L1715: Process Intensification in Process Engineering	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. Thomas Waluga, Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1966: Mathematische Bildverarbeitung			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Mathematische Bildverarbeitung (L0991)	Vorlesung	3	4
Mathematische Bildverarbeitung (L0992)	Gruppenübung	1	2
Modulverantwortlicher	Prof. Marko Lindner		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	- Analysis: partielle Ableitungen, Gradient, Richtungsableitung - Lineare Algebra: Eigenwerte, lineares Ausgleichsproblem		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Die Studierenden können - Klassen von Diffusionsgleichungen charakterisieren und vergleichen - elementare Methoden der Bildverarbeitung erklären - Methoden zur Segmentierung und Registrierung erläutern - funktionalanalytische Grundlagen skizzieren und gegenüberstellen <i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden können - elementare Methoden der Bildverarbeitung implementieren und anwenden - moderne Methoden der Bildverarbeitung erklären und anwenden Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Studierende können in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten und sich theoretische Grundlagen erklären. <i>Selbstständigkeit</i> - Studierende können eigenständig ihr Verständnis mathematischer Konzepte überprüfen, noch offene Fragen auf den Punkt bringen und sich gegebenenfalls gezielt Hilfe holen. - Studierende haben eine genügend hohe Ausdauer entwickelt, um auch über längere Zeiträume an schwierigen Problemstellungen zu arbeiten.		
Arbeitsaufwand in Stunden			
Leistungspunkte			
Studienleistung			
Prüfung			
Prüfungsdauer und -umfang			
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Technomathematik: Vertiefung II. Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0991: Mathematische Bildverarbeitung	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Marko Lindner
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Elementare Methoden der Bildverarbeitung - Glättungsfilter - Grundlagen der Diffusions- bzw. Wärmeleitgleichung - Variationsformulierungen in der Bildverarbeitung - Kantenerkennung - Entfaltung - Inpainting - Segmentierung - Registrierung
Literatur	Bredies/Lorenz: Mathematische Bildverarbeitung

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

Modul M0636: Cell and Tissue Engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Grundlagen von Zell- und Gewebekulturen (L0355)	Vorlesung	2	3
Medizinische Bioverfahrenstechnik (L0356)	Vorlesung	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Anna-Lena Heins		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<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 Personale Kompetenzen <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.		
Arbeitsaufwand in Stunden			
Leistungspunkte			
Studienleistung			
Prüfung			
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0355: Fundamentals of Cell and Tissue Engineering	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Johannes Möller, Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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)
Literatur	Butler, M (2004) Animal Cell Culture Technology - The basics, 2 nd 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

Lehrveranstaltung L0356: Bioprocess Engineering for Medical Applications	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Johannes Möller, Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	Butler, M (2004) Animal Cell Culture Technology - The basics, 2 nd 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 M2006: Waste Treatment and Recycling			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Prof. Kerstin Kuchta		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	- Basics of thermo dynamics - Basics of fluid dynamics - fluid dynamics chemistry		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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. 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 . Students will be able to design and design waste treatment technology equipment.		
<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.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can - respectfully work together as a team and discuss technical tasks - participate in subject-specific and interdisciplinary discussions, - develop cooperated solutions - promote the scientific development and accept professional constructive criticism.		
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: 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	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Rüdiger Siechau
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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). 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.
Literatur	- Einführung in die Abfallwirtschaft; Martin Kranert, Klaus Cord-Landwehr (Hrsg.); Vieweg + Teubner Verlag; 2010 - PowerPoint Präsentationen in Stud IP

Lehrveranstaltung L3265: Recycling technologies and thermal waste treatment	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Kerstin Kuchta
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Introduction, actual state-of-the-art of waste incineration, aims. legal background, reaction principals - basics of incineration processes: waste composition, calorific value, calculation of air demand and flue gas composition - Incineration techniques: grate firing, ash transfer, boiler - Flue gas cleaning: Volume, composition, legal frame work and emission limits, dry treatment, scrubber, de-nox techniques, dioxin elimination, Mercury elimination - Ash treatment: Mass, quality, treatment concepts, recycling, disposal
Literatur	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	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Kerstin Kuchta
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M2003: Biological Waste Treatment			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Abfall- und Umweltchemie (L0328)	Laborpraktikum	2	2
Biologische Abfallbehandlung (L0318)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	4
Modulverantwortlicher	Prof. Kerstin Kuchta		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	chemical and biological basics		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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 data connected to the tasks given in the module and plan additional tests. They are capable of reflecting and evaluating findings in the group.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
Prüfung	Referat		
Prüfungsdauer und -umfang	Ausarbeitung und Präsentation (15-25 Minuten in Gruppen)		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: 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		

Lehrveranstaltung L0328: Waste and Environmental Chemistry	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Kerstin Kuchta
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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. In some experiments the test procedure and the results are presented in seminar form, accompanied by discussion and results evaluation. Experiments ar e.g. Screening and particle size determination Fos/Tac AAS Chalorific value
Literatur	Scripte

Lehrveranstaltung L0318: Biological Waste Treatment	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Kerstin Kuchta
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Introduction 2. biological basics 3. determination process specific material characterization 4. aerobic degradation (Composting, stabilization) 5. anaerobic degradation (Biogas production, fermentation) 6. Technical layout and process design 7. Flue gas treatment 8. Plant design practical phase
Literatur	

Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Partikeltechnologie II (L0051)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	1
Partikeltechnologie II (L0050)			2	2
Praktikum Partikeltechnologie II (L0430)		Laborpraktikum	3	3
Modulverantwortlicher		Prof. Stefan Heinrich		
Zulassungsvoraussetzungen		Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse		Grundkenntnisse der Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik, Kenntnis der grundlegenden Verfahren		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse		Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz				
Wissen		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.		
Fertigkeiten		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		
Personale Kompetenzen				
Sozialkompetenz		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.		
Selbstständigkeit		Studierende sind dazu in der Lage Fragestellungen in der Partikeltechnologie selbstständig und in kleinen Gruppen zu analysieren und zu lösen.		
Arbeitsaufwand in Stunden		Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte		6		
Studienleistung		Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
		Ja Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	fünf Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten
Prüfung		Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang		120 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula		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 Materials Science and Engineering: Vertiefung Nano and Hybrid Materials: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		
Lehrveranstaltung L0051: Partikeltechnologie II				
Typ		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung		
SWS		1		
LP		1		
Arbeitsaufwand in Stunden		Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14		
Dozenten		Prof. Stefan Heinrich		
Sprachen		DE/EN		
Zeitraum		WiSe		
Inhalt		Siehe korrespondierende Vorlesung		
Literatur		Siehe korrespondierende Vorlesung		

Lehrveranstaltung L0050: Partikeltechnologie II	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Stefan Heinrich
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Übung in Form von "Project based Learning": selbstständiges Lösen von Problemstellungen der Feststoffverfahrenstechnik • Kontaktkräfte, interpartikuläre Kräfte • vertiefte Behandlung von Kornzerkleinerung • CFD Methoden zur Beschreibung von Fluid/Feststoffströmungen, Euler/Euler-Methode, Discrete Particle Modeling • Behandlung von Problemen mit verteilten Stoffeigenschaften, Lösung von Populationsbilanzen • Fließschemasimulation von Feststoffprozessen
Literatur	Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990. Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.

Lehrveranstaltung L0430: Praktikum Partikeltechnologie II	
Typ	Laborpraktikum
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Stefan Heinrich
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Fluidisation • Agglomeration • Granulation • Trocknung • Bestimmung der mechanische Eigenschaften von Agglomeraten
Literatur	Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990. Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.

Modul M2084: Scaling of bioprocesses			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Praktische Skalierung von Bioprozessen (L3357)	Laborpraktikum	2	2
Skalierung von Bioprozessen (L3355)	Vorlesung	2	2
Skalierung von Bioprozessen (Übung) (L3356)	Gruppenübung	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Anna-Lena Heins		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	• Content of the module "Biological and biochemical basics" • Content of the module "Bioprocess Engineering I" • Content of the module "Bioprocess Engineering II" • Content of the module "Bioprocess and Biosystems Engineering"		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	After completing the module, participants will be able to • Describe and evaluate microfluidic cultivations and the phenomena to be investigated therein • Define ideally mixed bioprocesses on a laboratory scale as a reference stat • Describe and design different multi-compartment bioreactors (advantages and disadvantages of each setup, process examples and characterization of the setups • Name phenomena at pilot scale and industrial scale (examples of unsuccessful and successful scaling, Gradients of process parameters and mixing insufficiencies that are relevant in industrial scale bioreactors, how to scale today and in the future) in comparison to laboratory scal • Define and objectively quantify phenotypic population heterogeneity • Describe modeling techniques to describe mixing insufficiencies and cell responses		
<i>Fertigkeiten</i>	After completing the module, participants will be able to • describe scaling concepts for bioreactors from laboratory scale to industrial scale and select a suitable strategy for a given proces • plan and calculate a bioreactor system including peripherals from laboratory to pilot plant scale • transfer an existing industrial bioprocess to a multi-compartment bioreactor, taking into account the characteristics for detailed investigation of cell physiology • combine the analytical methods covered to investigate heterogeneities and mixed insufficiencies, apply them to specific problems and critically evaluate the results obtained • break down a complex overall problem into sub-problems, paying particular attention to the interface problem • subject the process chain of scaling from bioprocess development to industrial production to a critical overall assessment		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	After completion of this module, participants will be able to debate technical questions in small interdisciplinary 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. up to 5 persons independently including a presentation of the results.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	Protokoll
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3357: Practical Scaling of Bioprocesses	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	The multi-compartment bioreactor concept designed in the exercise is to be implemented in practice in the laboratory in small groups. Subsequently, an experiment on the physiological characterization of cells in the bioreactor system will be carried out. The results of the various experiments will be presented to the other groups in a final "student conference" and discussed in the plenum
Literatur	Aktuelle publizierte Literatur zu den Vorlesungsinhalten

Lehrveranstaltung L3355: Scaling of Bioprocesses	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Microfluidic cultivations and the phenomena investigated therein • Ideally mixed bioprocesses on a laboratory scale • Different multi-compartment bioreactors (advantages and disadvantages of each setup, bioprocess examples and characterization of the setups) • Pilot scale and industrial scale phenomena (examples of unsuccessful and successful scaling, gradients and mixing insufficiencies relevant in industrial bioreactors, how to scale today and in the future) compared to laboratory scale • Phenotypic population heterogeneity and objective quantification • Modeling techniques to describe mixing insufficiencies and cell responses in bioreactors at different scales
Literatur	Aktuelle Publikationen zu den Vorlesungsinhalten Current published studies on the lecture contents

Lehrveranstaltung L3356: Scaling of Bioprocesses (Exercise)	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	In-depth exercises (using relevant software tools) on the contents of the related lecture and application to bioprocess examples Design of a multi-compartment bioreactor for specific bioprocess examples in small groups
Literatur	Aktuelle publizierte Literatur zu den Übungsthemen

Modul M2170: SMART Reactors				
Lehrveranstaltungen				
Titel	Typ	SWS	LP	
Besondere Features smarter Reaktoren (L3475)	Seminar	2	2	
Einführung in smarte Reaktoren (L3473)	Seminar	2	2	
Lattice-Boltzmann-Simulationen für smarte Reaktoren (L3474)	Seminar	2	2	
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter			
Zulassungsvoraussetzungen	None			
Empfohlene Vorkenntnisse	lectures from the undergraduate studies, especially mathematics, chemistry, thermodynamics, fluid mechanics, heat- and mass transfer			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
Fachkompetenz	Wissen Students are able to experimentally analyse, model and simulate transport processes in SMART Reactors as well as identify and further develop components for SMART Reactors. Fertigkeiten The students are able to to describe and optimize SMART Reactors. Personale Kompetenzen Sozialkompetenz The students are able to discuss in international teams in english and develop an approach under pressure of time. Selbstständigkeit Students are able to independently define tasks for working on the overall problem of “Components for SMART reactors”. Based on the knowledge provided in the lecture, students acquire the necessary knowledge themselves and decide which methods from the lecture are to be used for implementation. They can organise themselves in a team and assign priorities for subtasks.			
Arbeitsaufwand in Stunden				Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte				6
Studienleistung				Keine
Prüfung				Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
Prüfungsdauer und -umfang	Posterpräsentation, 1 Stunde			
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L3475: Special Features of SMART Reactors	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter, Weitere Mitarbeiter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3473: Introduction to SMART Reactors	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3474: Lattice Boltzmann Simulations for SMART Reactors	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Christian Weiland
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Modul M2171: Sustainable Process Design Project			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Projekt zur Entwicklung nachhaltiger Produktionsprozesse (L1048)	Integrierte Vorlesung	2	2
Projekt zur Entwicklung nachhaltiger Produktionsprozesse (L1977)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	4
Modulverantwortlicher	Prof. Mirko Skiborowski		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Process Design and Process Modelling thermal separation processes heat and mass transport processes CAPE (absolut necessarily!)		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i> Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</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 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 students are able to discuss and develop in groups the design of an industrial process students are able to reflect the consequences of their professional activity		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Prüfung (30 min)		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1048: Sustainable Process Design Project	
Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	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

Lehrveranstaltung L1977: Sustainable Process Design Project	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	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 M1294: Bioenergie			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Prof. Martin Kaltschmitt		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	keine		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	3 Stunden Klausur		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: 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	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Oliver Lüdtke
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Allgemeine Einleitung • Was sind Biokraftstoffe? • Märkte & Entwicklungen • Gesetzliche Rahmenbedingungen • Treibhausgaseinsparungen • Generationen der Biokraftstoffe ◦ Bioethanol der ersten Generation ■ Rohstoffe ■ Fermentation ■ Destillation ◦ Biobutanol / ETBE ◦ Bioethanol der zweiten Generation ■ Bioethanol aus Stroh ◦ Biodiesel der ersten Generation ■ Rohstoffe ■ Produktionsprozess ■ Biodiesel & Rohstoffe ◦ HVO / HEFA ◦ Biodiesel der zweiten Generation ■ Biodiesel aus Algen • Biogas als Kraftstoff ◦ Biogas der ersten Generation ■ Rohstoffe ■ Fermentation ■ Reinigung zu Biomethan ◦ Biogas der zweiten Generation & Vergasungsverfahren ◦ Methanol / DME aus Holz und Tall oil®
Literatur	• Skriptum zur Vorlesung • Drapcho, Nhuan, Walker; Biofuels Engineering Process Technology • Harwardt; Systematic design of separations for processing of biorenewables • Kaltschmitt; Hartmann; Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren • Mousdale; Biofuels - Biotechnology, Chemistry and Sustainable Development • VDI Wärmeatlas

Lehrveranstaltung L0062: Biokraftstoffverfahrenstechnik	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Oliver Lüdtkke
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Ökobilanzen ◦ Exemplarisches Beispiel zur Bewertung von CO₂ Einsparungspotentialen durch alternative Kraftstoffe -- Wahl der Systemgrenzen und Datenbanken • Bioethanolherstellung ◦ Anwendungsaufgabe in der die Grundlagen der thermischen Trennverfahren (Rektifikation, Extraktion) thematisiert werden. Dabei liegt der Fokus auf einer Kolonnenauslegung, inkl. Wärmebedarf, Stufenanzahl, Rücklaufverhältnis... • Biodieselherstellung ◦ Verfahrenstechnische Optionen der Fest/Flüssigtrennung, inklusive Grundgleichungen zum Abschätzen von Leistung, Energiebedarf, Trennschärfe und Durchsatz • Biomethanproduktion ◦ Chemische Reaktionen, die bei der Herstellung von Biokraftstoffen relevant sind, inklusive Gleichgewichte, Aktivierungsenergien, shift-Reaktionen
Literatur	Skriptum zur Vorlesung

Lehrveranstaltung L1769: Globale Märkte für land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Michael Köhl, Bernhard Chilla
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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. 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 & 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. 3) Forecasts: Future Global Demand & 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 & 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.
Literatur	Lecture material

Lehrveranstaltung L1767: Thermische Biomassenutzung	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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. Der Kurs ist wie folgt aufgebaut: • Biomasse als Energieträger im Energiesystem, die Nutzung von Biomasse in Deutschland und weltweit, Übersicht über den Inhalt des Kurses • Photosynthese, die Zusammensetzung der organischen Stoffe, Pflanzenproduktion, Energiepflanzen, Reststoffen, organischen Abfällen • Biomasse Bereitstellung Ketten für holzige und krautige Biomasse, Ernte und Bereitstellung, Transport, Lagerung, Trocknung - Thermo- chemische Umwandlung von biogenen Festbrennstoffen ◦ Grundlagen der thermo- chemischen Umwandlung ◦ Direkte thermo- chemische Umwandlung durch Verbrennung: Verbrennungstechnologien für kleine und Großanlagen, Strom- Erzeugungstechnologien, Abgasbehandlungstechnologien, Asche und ihre Verwendung ◦ Vergasung: Vergasungstechnologien, Gasreinigungstechnologien, Optionen zur Nutzung des gereinigten Gases für die Bereitstellung von Wärme, Strom und/oder Brennstoffe ◦ 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 • 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) ◦ Bio-chemische Umwandlung von Biomasse ◦ Grundlagen der bio-chemische Umwandlung ◦ Biogas: Prozess- Technologien für Anlagen mit landwirtschaftlichen Rohstoffen, Klärschlamm (Klärgas), organische Abfallfraktion (Deponiegas), Technologien für die Bereitstellung von Biomethan, die Verwendung des aufgeschlossenen Schlamm ◦ Ethanol-Produktion: Prozesstechnologien für Einsatzmaterial, Zucker, Stärke oder Cellulose, die Verwendung von Ethanol als Kraftstoff, Verwendung der Schlempe
Literatur	Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 2. Auflage

Lehrveranstaltung L2386: Thermische Biomassenutzung	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt, Dr. Marvin Scherzinger
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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. 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.
Literatur	- Kaltschmitt, Martin; Hartmann, Hans; Hofbauer, Hermann: Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Science & Business Media, 2016. -ISBN 978-3-662-47437-2 - Versuchsskript

Fachmodule der Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik

Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Hochdruckanlagenbau (L1278)	Vorlesung	2	2
Industrielle Verfahren unter Hohen Drücken (L0116)	Vorlesung	2	2
Moderne Trennverfahren (L0094)	Vorlesung	2	2

Modulverantwortlicher Dr. Monika Johannsen

Zulassungsvoraussetzungen Keine

Empfohlene Vorkenntnisse Grundlagen der Chemie, Chemische und Thermische Verfahrenstechnik, Fluidverfahrenstechnik, Trenntechnik, Thermodynamik, Mehrphasengleichgewichte

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

Fachkompetenz	Nach erfolgreicher Teilnahme können Studierende:
<i>Wissen</i>	- den Einfluss des Drucks auf die physikalisch-chemischen und thermodynamischen Eigenschaften eines Fluids erklären, - thermodynamische Grundlagen für Verfahren mit überkritischen Fluiden beschreiben, - Modelle zur Beschreibung von Feststoffextraktion und Gegenstromextraktion erläutern, - Parameter zur Optimierung von Prozessen mit überkritischen Fluiden diskutieren.
<i>Fertigkeiten</i>	Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage: - Trennverfahren mit überkritischen Fluiden und mit konventionellen Lösungsmitteln zu vergleichen, - bei gegebener Trennaufgabe das Anwendungspotential von Hochdruckverfahren zu beurteilen, - Hochdruckverfahren im Ablauf einer vorgegebenen komplexen Industrieanwendung einzuplanen, - die Wirtschaftlichkeit von Hochdruckverfahren hinsichtlich Investition und Betriebskosten einzuschätzen, - unter Anleitung einen experimentellen Versuch an einer Hochdruckanlage durchzuführen, - experimentelle Ergebnisse zu beurteilen, - ein Versuchsprotokoll anzufertigen.
Personale Kompetenzen	
<i>Sozialkompetenz</i>	Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage: in 2er Teams wissenschaftliche Artikel zu präsentieren und die Inhalte gemeinsam zu verteidigen
<i>Selbstständigkeit</i>	

Arbeitsaufwand in Stunden Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84

Leistungspunkte 6

Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
Ja	15 %	Referat	

Prüfung Klausur

Prüfungsdauer und -umfang 120 min

Zuordnung zu folgenden Curricula	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
---	---

Lehrveranstaltung L1278: Hochdruckanlagenbau	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Hans Häring
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Rechtliche Grundlagen (Gesetz, Verordnung, Richtlinie, Standard/Norm) 2. Berechnungsgrundlagen Druckgeräte (AD-Regelwerk, ASME-Regelwerk, GL Vorschriften, weitere Berechnungsmethoden) 3. Spannungshypothesen 4. Werkstoffauswahl, Fertigungsverfahren 5. Dünnwandige Behälter 6. Dickwandige Behälter 7. Sicherheitseinrichtungen 8. Sicherheitsanalysen Anwendungsschwerpunkte 9. Unterwassertechnik (bemannte und unbemannte Druckbehälter, PVHO Code) 10. Dampfkessel 11. Wärmetauscher 12. LPG, LEG Transport-tanks (Bilobe Bauart, IMO Type C tanks)
Literatur	Apparate und Armaturen in der chemischen Hochdrucktechnik, Springer Verlag Spain and Paauwe: High Pressure Technology, Vol. I und II, M. Dekker Verlag AD-Merkblätter, Heumanns Verlag Bertuccio; Vetter: High Pressure Process Technology, Elsevier Verlag Sherman; Stadtmüller: Experimental Techniques in High-Pressure Research, Wiley & Sons Verlag Klapp: Apparate- und Anlagentechnik, Springer Verlag

Lehrveranstaltung L0116: Industrial Processes Under High Pressure	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Carsten Zetzl
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Part I : Physical Chemistry and Thermodynamics 1. Introduction: Overview, achieving high pressure, range of parameters. 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. 3. Influence of pressure on heterogeneous equilibria: Phenomenology of phase equilibria 4. Overview on calculation methods for (high pressure) phase equilibria. Influence of pressure on transport processes, heat and mass transfer. Part II : High Pressure Processes 5. Separation processes at elevated pressures: Absorption, adsorption (pressure swing adsorption), distillation (distillation of air), condensation (liquefaction of gases) 6. Supercritical fluids as solvents: Gas extraction, cleaning, solvents in reacting systems, dyeing, impregnation, particle formation (formulation) 7. Reactions at elevated pressures. Influence of elevated pressure on biochemical systems: Resistance against pressure Part III : Industrial production 8. Reaction : Haber-Bosch-process, methanol-synthesis, polymerizations; Hydrations, pyrolysis, hydrocracking; Wet air oxidation, supercritical water oxidation (SCWO) 9. Separation : Linde Process, De-Caffeination, Petrol and Bio-Refinery 10. Industrial High Pressure Applications in Biofuel and Biodiesel Production 11. Sterilization and Enzyme Catalysis 12. Solids handling in high pressure processes, feeding and removal of solids, transport within the reactor. 13. Supercritical fluids for materials processing. 14. Cost Engineering Learning Outcomes: After a successful completion of this module, the student should be able to - understand of the influences of pressure on properties of compounds, phase equilibria, and production processes. - Apply high pressure approaches in the complex process design tasks - Estimate Efficiency of high pressure alternatives with respect to investment and operational costs Performance Record: 1. Presence (28 h) 2. Oral presentation of original scientific article (15 min) with written summary 3. Written examination and Case study (2+3 : 32 h Workload) Workload: 60 hours total
Literatur	Literatur: 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.

Lehrveranstaltung L0094: Advanced Separation Processes	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Monika Johannsen
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Introduction/Overview on Properties of Supercritical Fluids (SCF) and their Application in Gas Extraction Processes • Solubility of Compounds in Supercritical Fluids and Phase Equilibrium with SCF • Extraction from Solid Substrates: Fundamentals, Hydrodynamics and Mass Transfer • Extraction from Solid Substrates: Applications and Processes (including Supercritical Water) • Countercurrent Multistage Extraction: Fundamentals and Methods, Hydrodynamics and Mass Transfer • Countercurrent Multistage Extraction: Applications and Processes • Solvent Cycle, Methods for Precipitation • Supercritical Fluid Chromatography (SFC): Fundamentals and Application • Simulated Moving Bed Chromatography (SMB) • Membrane Separation of Gases at High Pressures • Separation by Reactions in Supercritical Fluids (Enzymes)
Literatur	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 Bioprozesstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse (L1065)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis (L1172)	Seminar	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Anna-Lena Heins		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik oder Verfahrenstechnik auf Bachelorniveau		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls • können die Studierenden den aktuellen Stand der Forschung zum jeweils diskutierten Themengebiet wiedergeben • können die Studierenden die grundlegenden Prinzipien des jeweils bearbeiteten biotechnologischen Produktionsprozesse benennen		
<i>Fertigkeiten</i>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, • aktuelle Forschungsansätze zu analysieren und zu bewerten • biotechnologische Produktionsprozesse grundsätzlich auszulegen		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	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>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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Referat		
Prüfungsdauer und -umfang	Vortrag + Diskussion (45 min) + Schriftliche Ausarbeitung (10 Seiten),		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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		

Lehrveranstaltung L1065: Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Wilfried Blümke
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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. • Asset Lifecycle • Digitalisierung in der Bioprozess-Industrie • Grundprinzipien der industriellen Bioverfahrensentwicklung • Nachhaltigkeits-Aspekte bei der Entwicklung bioverfahrenstechnischer Prozesse
Literatur	Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract 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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts

Lehrveranstaltung L1172: Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Stephan Freyer
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Diese Lehrveranstaltung gibt einen Einblick in die Methodik bei der Entwicklung von Prozessen der Industriellen Biotechnologie. Wichtige Teilaspekte hierbei sind beispielsweise die Entwicklung der Fermentation und der Aufarbeitungsschritte zum jeweiligen Zielmolekül, die Integration der Teilschritte zu einem Gesamtverfahren sowie die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.
Literatur	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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract 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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts

Modul M1954: Process Simulation and Process Safety			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
CAPE inkl. Computerübung (L1039)	Integrierte Vorlesung	3	4
Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe (L1040)	Vorlesung	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Mirko Skiborowski		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	thermal separation processes heat and mass transport processes		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<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 Personale Kompetenzen <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		
Arbeitsaufwand in Stunden			
Leistungspunkte			
Studienleistung			
Prüfung			
Prüfungsdauer und -umfang	Klausur 90 Minuten und schriftliche Ausarbeitung		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	I. Introduction 1. Fundamentals of steady state process simulation 1.1. Classes of simulation tools 1.2. Sequential-modularer approach 1.3. Operating mode of ASPEN PLUS 2. Introduction in ASPEN PLUS 2.1. GUI 2.2. Estimation methods of physical properties 2.3. Aspen tools (z.B. Designspecification) 2.4. Convergence methods II. Exercises using ASPEN PLUS and ACM - Performance and constraints of ASPEN PLUS - ASPEN datenbank using - Estimation methods of physical properties - Application of model databank, process synthesis - Design specifications - Sensitivity analysis - Optimization tasks - Industrial cases
Literatur	- G. Fieg: Lecture notes - Seider, W.D.; Seader, J.D.; Lewin, D.R.: Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation; Hoboken, J. Wiley & Sons, 2010

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

Modul M2028: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Lagrangescher Transport in turbulenten Strömungen (L2301)	Vorlesung	2	3
Numerische Strömungssimulation - Übung mit OpenFoam (L1375)	Gruppenübung	1	1
Numerische Strömungssimulation in der Verfahrenstechnik (L1052)	Vorlesung	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	- Mathematics I-IV - Basic knowledge in Fluid Mechanics - Basic knowledge in chemical thermodynamics		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	After successful completion of the module the students are able to - explain the the basic principles of statistical thermodynamics (ensembles, simple systems) - describe the main approaches in classical Molecular Modeling (Monte Carlo, Molecular Dynamics) in various ensembles - discuss examples of computer programs in detail, - evaluate the application of numerical simulations, - list the possible start and boundary conditions for a numerical simulation.		
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able to: - set up computer programs for solving simple problems by Monte Carlo or molecular dynamics, - solve problems by molecular modeling, - set up a numerical grid, - perform a simple numerical simulation with OpenFoam, - evaluate the result of a numerical simulation.		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	The students are able to - develop joint solutions in mixed teams and present them in front of the other students, - to collaborate in a team and to reflect their own contribution toward it.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students are able to: - evaluate their learning progress and to define the following steps of learning on that basis, - evaluate possible consequences for their profession.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Yan Jin
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Contents - Common variables and terms for characterizing turbulence (energy spectra, energy cascade, etc.) - An overview of Lagrange analysis methods and experiments in fluid mechanics

	- Critical examination of the concept of turbulence and turbulent structures. -Calculation of the transport of ideal fluid elements and associated analysis methods (absolute and relative diffusion, Lagrangian Coherent Structures, etc.) - Implementation of a Runge-Kutta 4th-order in Matlab - Introduction to particle integration using ODE solver from Matlab - Problems from turbulence research - Application analytical methods with Matlab. Structure: - 14 units a 2x45 min. - 10 units lecture - 4 Units Matlab Exercise- Go through the exercises Matlab, Peer2Peer? Explain solutions to your colleague Learning goals: Students receive very specific, in-depth knowledge from modern turbulence research and transport analysis. → Knowledge 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 The students are trained in the personal competence to independently delve into and research a scientific topic. → Independence 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 Required knowledge: Fluid mechanics 1 and 2 advantageous Programming knowledge advantageous
Literatur	Bakunin, Oleg G. (2008): Turbulence and Diffusion. Scaling Versus Equations. Berlin [u. a.]: Springer Verlag. 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. Davidson, P. A. (2015): Turbulence. An introduction for scientists and engineers. Second edition. Oxford: Oxford Univ. Press. 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. Grigoriev, Roman (2011): Transport and Mixing in Laminar Flows. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Haller, George (2015): Lagrangian Coherent Structures. In: Annu. Rev. Fluid Mech. 47 (1), S. 137-162. DOI: 10.1146/annurev-fluid-010313-141322. 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. 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. 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. Klages, Rainer; Radons, Günter; Sokolov, Igor M. (2008): Anomalous Transport: Wiley. LaCasce, J. H. (2008): Statistics from Lagrangian observations. In: Progress in Oceanography 77 (1), S. 1-29. DOI: 10.1016/j.pcean.2008.02.002. 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. 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. 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. Pope, Stephen B. (2000): Turbulent Flows. Cambridge: Cambridge University Press.

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

Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• generation of numerical grids with a common grid generator • selection of models and boundary conditions • basic numerical simulation with OpenFoam within the TUHH CIP-Pool
Literatur	OpenFoam Tutorials (StudIP)

Lehrveranstaltung L1052: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Introduction into partial differential equations • Basic equations • Boundary conditions and grids • Numerical methods • Finite difference method • Finite volume method • Time discretisation and stability • Population balance • Multiphase Systems • Modeling of Turbulent Flows • Exercises: Stability Analysis • Exercises: Example on CFD - analytically/numerically
Literatur	Paschedag A.R.: CFD in der Verfahrenstechnik: Allgemeine Grundlagen und mehrphasige Anwendungen, Wiley-VCH, 2004 ISBN 3-527-30994-2. Ferziger, J.H.; Peric, M.: Numerische Strömungsmechanik. Springer-Verlag, Berlin, 2008, ISBN: 3540675868. Ferziger, J.H.; Peric, M.: Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer, 2002, ISBN 3-540-42074-6

Modul M2029: Process Imaging			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Prozessbildgebung (L2723)		Vorlesung	3 3
Prozessbildgebung Praktikum (L2724)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3 3
Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Penn		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	No special prerequisites needed. An interest in imaging techniques and image processing is helpful but not mandatory.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.		
<i>Fertigkeiten</i>	After the successful completion of the course, the students shall: 1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods, 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 3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	70 % schriftlicher Prüfung, 30% aktiver Mitarbeit und Abschlusspräsentation der problembasierten Lerneinheiten mit 5- 10 seitigen Bericht		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Penn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.
Literatur	Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. Available as e-book in the library of TUHH: https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395

Lehrveranstaltung L2724: Process Imaging Practicals	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Penn, Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Content: 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: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurements work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem. Learning goals: After the successful completion of the course, the students shall: 1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods, 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 3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.
Literatur	Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. Available as e-book in the library of TUHH: https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395

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
Modulverantwortlicher	Prof. Stefan Heinrich			
Zulassungsvoraussetzungen	Keine			
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundkenntnisse der Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik, Kenntnis der grundlegenden Verfahren			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
Fachkompetenz				
Wissen	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.			
Fertigkeiten	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			
Personale Kompetenzen				
Sozialkompetenz	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.			
Selbstständigkeit	Studierende sind dazu in der Lage Fragestellungen in der Partikeltechnologie selbstständig und in kleinen Gruppen zu analysieren und zu lösen.			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84			
Leistungspunkte	6			
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	fünf Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten
Prüfung	Klausur			
Prüfungsdauer und -umfang	120 Minuten			
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Materials Science and Engineering: Vertiefung Nano and Hybrid Materials: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht			
Lehrveranstaltung L0051: Partikeltechnologie II				
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung			
SWS	1			
LP	1			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14			
Dozenten	Prof. Stefan Heinrich			
Sprachen	DE/EN			
Zeitraum	WiSe			
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung			
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung			

Lehrveranstaltung L0050: Partikeltechnologie II	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Stefan Heinrich
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Übung in Form von "Project based Learning": selbstständiges Lösen von Problemstellungen der Feststoffverfahrenstechnik • Kontaktkräfte, interpartikuläre Kräfte • vertiefte Behandlung von Kornzerkleinerung • CFD Methoden zur Beschreibung von Fluid/Feststoffströmungen, Euler/Euler-Methode, Discrete Particle Modeling • Behandlung von Problemen mit verteilten Stoffeigenschaften, Lösung von Populationsbilanzen • Fließschemasimulation von Feststoffprozessen
Literatur	Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990. Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.

Lehrveranstaltung L0430: Praktikum Partikeltechnologie II	
Typ	Laborpraktikum
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Stefan Heinrich
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Fluidisation • Agglomeration • Granulation • Trocknung • Bestimmung der mechanische Eigenschaften von Agglomeraten
Literatur	Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990. Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.

Modul M0802: Membrane Technology			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Membrantechnologie (L0399)	Vorlesung	2	3
Membrantechnologie (L0400)	Gruppenübung	1	2
Membrantechnologie (L0401)	Laborpraktikum	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Mathias Ernst		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge of water chemistry. Knowledge of the core processes involved in water, gas and steam treatment		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht 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 Chemical and Bioprocess Engineering: Technischer Ergänzungskurs: 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		

Lehrveranstaltung L0399: Membrane Technology	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Mathias Ernst
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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 electrodialysis, 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. 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. 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.
Literatur	• T. Melin, R. Rautenbach: Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung (2., erweiterte Auflage), Springer-Verlag, Berlin 2004. • Marcel Mulder, Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands • Richard W. Baker, Membrane Technology and Applications, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd., 2004

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

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

Modul M0990: Studienarbeit Bioverfahrenstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Studienarbeit Bioverfahrenstechnik (L1192)	Laborpraktikum	6	6
Modulverantwortlicher	Prof. Johannes Gescher		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik oder Verfahrenstechnik auf Bachelorniveau		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Die Studierenden können das Forschungsprojekt, in dem sie gearbeitet haben, erläutern und zu aktuellen Themenstellungen der Bioverfahrenstechnik in Bezug setzen. Sie können die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden, mit denen sie gearbeitet haben, detailliert erläutern. <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. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Studierende sind in der Lage, mit Mitarbeiter*innen 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. Sie können die Durchführung der notwendigen Experimente selbst planen und organisieren.		
Arbeitsaufwand in Stunden			
Leistungspunkte			
Studienleistung			
Prüfung			
Prüfungsdauer und -umfang	laut FSPO		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht		
Lehrveranstaltung L1192: Studienarbeit Bioverfahrenstechnik			
Typ	Laborpraktikum		
SWS	6		
LP	6		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Dozenten	Dozenten des SD V		
Sprachen	DE/EN		
Zeitraum	WiSe/SoSe		
Inhalt			
Literatur			

Modul M1354: Advanced Fuels			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Prof. Martin Kaltschmitt		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme des Moduls in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik: • Modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Kraftstoffproduktionsprozessen bzw. den entsprechenden Bereitstellungsketten • Umfangreiche Analyse verschiedener Kraftstoffbereitstellungsoptionen in technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht 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.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln.		
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja 20 %	Schriftliche Ausarbeitung	Details werden in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben.
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemie- und Bioingenieurwesen: 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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- 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) - Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe
Literatur	Vorlesungsskript

Lehrveranstaltung L1926: Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Karsten Wilbrand
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Allgemeine Übersicht über verschiedene Advanced Biofuels und deren Prozesspfade (u.a. Gas-to-Liquid, HEFA und Alcohol-to-Jet Prozesse) - Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe
Literatur	- Babu, V.: Biofuels Production. Beverly, Mass: Scrivener [u.a.], 2013 - Olsson, L.: Biofuels. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007 - William, L. L.: Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5 - Perry, R.; Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 20 - Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014 - Kaltschmitt, M.; Neuling, U. (Ed.): Biokerosene - Status and Prospects; Springer, Berlin, Heidelberg, 2018

Lehrveranstaltung L2416: Mobilität und Klimaschutz	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Benedikt Buchspies, Dr. Karsten Wilbrand
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Anwendung der erlernten theoretischen Kenntnisse aus den jeweiligen Vorlesungen anhand konkreter Aufgaben aus der Praxis - Auslegung und Simulation von Teilprozessen der Produktionsprozesse in Aspen Plus ® - Ökologische und ökonomische Analyse von Kraftstoffbereitstellungspfaden - Einordnung von Fallbeispielen in geltende Regularien
Literatur	- Skriptum zur Vorlesung - Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide

Lehrveranstaltung L2415: Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Benedikt Buchspies
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Gesamtheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Kraftstoffpfade mit u. a folgenden Themenschwerpunkten: • Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Kraftstoffe • Ökonomische Betrachtung der verschiedenen alternativen Kraftstoffe • Regulatorischer Rahmen alternativer Kraftstoffe • Zertifizierung von alternativen Kraftstoffen • Markteinführungsmodelle alternativer Kraftstoffe
Literatur	• 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 • Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen

Modul M1796: Magnetic resonance in engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Grundlagen der Magnetresonanz (L2968)	Vorlesung	3	3
Magnetresonanz in den Ingenieurwissenschaften (L2969)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Modulverantwortlicher	Dr. Stefan Benders		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	No special previous knowledge is necessary.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	120 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Materials Science and Engineering: Vertiefung Engineering Materials: Wahlpflicht Materials Science and Engineering: Vertiefung Nano and Hybrid Materials: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2968: Fundamentals of Magnetic Resonance	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	This lecture covers the fundamentals magnetic resonance imaging (MRI) and magnetic resonance spectroscopy (NMR). It focuses on the following topics: 1. The fundamentals of magnetic resonance: magnetism, magnetic fields, radiofrequency, spin, relaxation 2. Hardware for magnetic resonance: magnets (high-field and low-field), radiofrequency coil design, magnetic field gradients 3. NMR-Spectroscopy: chemical shift, J-Coupling, 2D NMR, solid-state, MAS 4. Relaxometry: single-sided NMR, contrasts, 5. Magnetic resonance imaging (MRI): gradients, coils, k-space, imaging sequences, ultrafast Imaging, parallel imaging, velocimetry, CEST 6. Hyperpolarization techniques: DNP, p-H₂, optical pumping with Xe 7. Applications of magnetic resonance in chemical engineering 8. Applications of magnetic resonance in material science and engineering 9. Applications of magnetic resonance in biomedical engineering
Literatur	Stapf, S., & Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8 Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524 , doi: https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001 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 & Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953 Haber-Pohlmeier, Sabina, Bernhard Blumich, and Luisa Ciobanu, (2022) Magnetic Resonance Microscopy: Instrumentation and Applications in Engineering, Life Science, and Energy Research. John Wiley & Sons

Lehrveranstaltung L2969: Magnetic Resonance in Engineering	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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.
Literatur	Stapf, S., & Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8 Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524, doi: https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001 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 & Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953

Modul M1955: Process Intensification in Process Engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik (L1978)	Vorlesung	2	2
Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik (L1715)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	4
Modulverantwortlicher	Prof. Mirko Skiborowski		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Process and Plant Engineering 1 Process and Plant Engineering 2 Basics in Process Engineering		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	Students are able to evaluate hybrid processes		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to evaluate processes with regard to their suitability as hybrid processes and to interpret them		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to apply the principles of project management for small groups.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to acquire and discuss specialized knowledge about hybrid processes.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	Projektbericht inkl. PM-Dokumente und Klausur (45 Minuten)		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: 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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Thomas Waluga, Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	- 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)

Lehrveranstaltung L1715: Process Intensification in Process Engineering	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. Thomas Waluga, Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0636: Cell and Tissue Engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Grundlagen von Zell- und Gewebekulturen (L0355)	Vorlesung	2	3
Medizinische Bioverfahrenstechnik (L0356)	Vorlesung	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Anna-Lena Heins		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<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 Personale Kompetenzen <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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0355: Fundamentals of Cell and Tissue Engineering	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Johannes Möller, Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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)
Literatur	Butler, M (2004) Animal Cell Culture Technology - The basics, 2 nd 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

Lehrveranstaltung L0356: Bioprocess Engineering for Medical Applications	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Johannes Möller, Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	Butler, M (2004) Animal Cell Culture Technology - The basics, 2 nd 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 M2084: Scaling of bioprocesses				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Praktische Skalierung von Bioprozessen (L3357)		Laborpraktikum	2	2
Skalierung von Bioprozessen (L3355)		Vorlesung	2	2
Skalierung von Bioprozessen (Übung) (L3356)		Gruppenübung	2	2
Modulverantwortlicher		Prof. Anna-Lena Heins		
Zulassungsvoraussetzungen		None		
Empfohlene Vorkenntnisse		- Content of the module “Biological and biochemical basics” - Content of the module “Bioprocess Engineering I” - Content of the module “Bioprocess Engineering II” - Content of the module “Bioprocess and Biosystems Engineering”		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse		Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz				
Wissen	After completing the module, participants will be able to - Describe and evaluate microfluidic cultivations and the phenomena to be investigated therein - Define ideally mixed bioprocesses on a laboratory scale as a reference stat - Describe and design different multi-compartment bioreactors (advantages and disadvantages of each setup, process examples and characterization of the setups - Name phenomena at pilot scale and industrial scale (examples of unsuccessful and successful scaling, Gradients of process parameters and mixing insufficiencies that are relevant in industrial scale bioreactors, how to scale today and in the future) in comparison to laboratory scal - Define and objectively quantify phenotypic population heterogeneity - Describe modeling techniques to describe mixing insufficiencies and cell responses			
Fertigkeiten	After completing the module, participants will be able to - describe scaling concepts for bioreactors from laboratory scale to industrial scale and select a suitable strategy for a given proces - plan and calculate a bioreactor system including peripherals from laboratory to pilot plant scale - transfer an existing industrial bioprocess to a multi-compartment bioreactor, taking into account the characteristics for detailed investigation of cell physiology - combine the analytical methods covered to investigate heterogeneities and mixed insufficiencies, apply them to specific problems and critically evaluate the results obtained - break down a complex overall problem into sub-problems, paying particular attention to the interface proble - subject the process chain of scaling from bioprocess development to industrial production to a critical overall assessment			
Personale Kompetenzen				
Sozialkompetenz	After completion of this module, participants will be able to debate technical questions in small interdisciplinary teams to enhance the ability to take position to their own opinions and increase their capacity for teamwork.			
Selbstständigkeit	The students can reflect their specific knowledge orally and discuss it with other students and teachers. After completion of this module, participants will be able to solve a technical problem in teams of approx. up to 5 persons independently including a presentation of the results.			
Arbeitsaufwand in Stunden		Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte		6		
Studienleistung		Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
		Ja Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	Protokoll
Prüfung		Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang		90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula		Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3357: Practical Scaling of Bioprocesses	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	The multi-compartment bioreactor concept designed in the exercise is to be implemented in practice in the laboratory in small groups. Subsequently, an experiment on the physiological characterization of cells in the bioreactor system will be carried out. The results of the various experiments will be presented to the other groups in a final "student conference" and discussed in the plenum
Literatur	Aktuelle publizierte Literatur zu den Vorlesungsinhalten

Lehrveranstaltung L3355: Scaling of Bioprocesses	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Microfluidic cultivations and the phenomena investigated therein • Ideally mixed bioprocesses on a laboratory scale • Different multi-compartment bioreactors (advantages and disadvantages of each setup, bioprocess examples and characterization of the setups) • Pilot scale and industrial scale phenomena (examples of unsuccessful and successful scaling, gradients and mixing insufficiencies relevant in industrial bioreactors, how to scale today and in the future) compared to laboratory scale • Phenotypic population heterogeneity and objective quantification • Modeling techniques to describe mixing insufficiencies and cell responses in bioreactors at different scales
Literatur	Aktuelle Publikationen zu den Vorlesungsinhalten Current published studies on the lecture contents

Lehrveranstaltung L3356: Scaling of Bioprocesses (Exercise)	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Anna-Lena Heins
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	In-depth exercises (using relevant software tools) on the contents of the related lecture and application to bioprocess examples Design of a multi-compartment bioreactor for specific bioprocess examples in small groups
Literatur	Aktuelle publizierte Literatur zu den Übungsthemen

Modul M2170: SMART Reactors			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Besondere Features smarter Reaktoren (L3475)	Seminar	2	2
Einführung in smarte Reaktoren (L3473)	Seminar	2	2
Lattice-Boltzmann-Simulationen für smarte Reaktoren (L3474)	Seminar	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	lectures from the undergraduate studies, especially mathematics, chemistry, thermodynamics, fluid mechanics, heat- and mass transfer		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Students are able to experimentally analyse, model and simulate transport processes in SMART Reactors as well as identify and further develop components for SMART Reactors. <i>Fertigkeiten</i> The students are able to describe and optimize SMART Reactors. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> The students are able to discuss in international teams in english and develop an approach under pressure of time. <i>Selbstständigkeit</i> Students are able to independently define tasks for working on the overall problem of "Components for SMART reactors". Based on the knowledge provided in the lecture, students acquire the necessary knowledge themselves and decide which methods from the lecture are to be used for implementation. They can organise themselves in a team and assign priorities for subtasks.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	Posterpräsentation, 1 Stunde		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3475: Special Features of SMART Reactors	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter, Weitere Mitarbeiter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3473: Introduction to SMART Reactors	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3474: Lattice Boltzmann Simulations for SMART Reactors	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Christian Weiland
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Modul M2171: Sustainable Process Design Project			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Projekt zur Entwicklung nachhaltiger Produktionsprozesse (L1048)	Integrierte Vorlesung	2	2
Projekt zur Entwicklung nachhaltiger Produktionsprozesse (L1977)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	4
Modulverantwortlicher	Prof. Mirko Skiborowski		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Process Design and Process Modelling thermal separation processes heat and mass transport processes CAPE (absolut necessarily!)		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</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 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		
Personale Kompetenzen			
<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		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Prüfung (30 min)		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1048: Sustainable Process Design Project	
Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	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

Lehrveranstaltung L1977: Sustainable Process Design Project	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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
Literatur	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

Fachmodule des Schwerpunktes Energie- und Bioprozesstechnik

Modul M1303: Energieprojekte - Entwicklung und Bewertung

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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

Modulverantwortlicher	Prof. Martin Kaltschmitt
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Umweltbewertung
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	<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. 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. <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. 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. 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. 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.
Personale Kompetenzen	<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. <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.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	150 Minuten Klausur + Projektseminarausarbeitung
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0007: Aspekte des Nachhaltigkeitsmanagements	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Charlotte Weinspach
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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.: • Was ist „Nachhaltigkeit“? • Warum ist dieses Konzept für Unternehmen ein wichtiges Thema? • Welche Chancen und Risiken wirtschaftlichen Handelns werden damit thematisiert bzw. sind damit verbunden? • 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? • Welche Konzepte bzw. Rahmenvorgaben für die Umsetzung des Nachhaltigkeitsmanagements in Unternehmen gibt es? • Welche Nachhaltigkeits-Labels für Produkte und/oder für Unternehmen gibt es? Was ist ihnen gemeinsam und wo unterscheiden sie sich? 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. 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.
Literatur	Die folgenden Bücher bieten einen Überblick: Engelfried, J. (2011) Nachhaltiges Umweltmanagement. München: Oldenbourg Verlag. 2. Auflage Corsten H., Roth S. (Hrsg.) (2011) Nachhaltigkeit - Unternehmerisches Handeln in globaler Verantwortung. Wiesbaden: Gabler Verlag.

Lehrveranstaltung L0003: Entwicklung von Energieprojekten	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• 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 • 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. • 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? • Machbarkeitsstudie; Anforderungen an und Inhalte in einer Machbarkeitsstudie • 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.) • Gesellschaftsformen; welche Gesellschaftsformen bieten sich für welchen Anwendungsfall am besten an? Wo liegen die Vor- und Nachteile? • Risikomanagement; wie können die Risiken von regenerativen Energieprojekten am besten bestimmt werden? Wie kann eine Risikominimierung sichergestellt werden? • 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? • Akzeptanz; wie kann die Akzeptanz für eine Anlage zur Nutzung regenerativer Energien vor Ort bewertet und verbessert werden? Wie kann sie gemessen werden? • Organisation der Realisierung eines Projektes; wie wird der Bau einer Anlage zur Nutzung regenerativer Energien nach Abschluss der Planung organisiert? • Abnahme; Welche Abnahmestufen werden durchlaufen bis zum regulären Dauerbetrieb (VOB-Abnahme, sicherheitstechnische Abnahme, Abnahme durch Genehmigungsbehörde) • Beispiele; gute und weniger gute Beispiele einer Projektentwicklung
Literatur	• Script zur Vorlesung mit Literaturhinweisen

Lehrveranstaltung L0014: Regenerative Energieprojekte in neuen Märkten	
Typ	Projektseminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Andreas Wiese
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Einführung ◦ Entwicklung der erneuerbaren Energien weltweit ■ Historie ■ Zukünftige Märkte ◦ Besondere Herausforderungen in neuen Märkten - Übersicht 2. Beispielprojekt Windpark Korea ◦ Übersicht ◦ Technische Beschreibung ◦ Projektphasen und Besonderheiten 3. Förder- und Finanzierungsinstrumente für EE Projekten in neuen Märkten ◦ Übersicht Fördermöglichkeiten ◦ Übersicht Länder mit Einspeisegesetzen ◦ Wichtige Finanzierungsprogramme 4. CDM Projekte - Warum, wie, Beispiele ◦ Übersicht CDM Prozess ◦ Beispiele ◦ Übungsaufgabe CDM 5. Ländliche Elektrifizierung und Hybridsysteme - ein wichtiger Zukunftsmarkt für EE ◦ Ländliche Elektrifizierung - Einführung ◦ Typen von Elektrifizierungsprojekten ◦ Die Rolle der EE ◦ Auslegung von Hybridsystemen ◦ Projektbeispiel: Hybridsystem Galapagos Inseln 6. Ausschreibungsverfahren für EE Projekte - Beispiele ◦ Südafrika ◦ Brasilien 7. Ausgewählte Projektbeispiele aus der Sicht einer Entwicklungsbank - Wesley Urena Vargas, KfW Entwicklungsbank ◦ Geothermie ◦ Wind oder CSP Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Themenschwerpunkte aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.
Literatur	Folien der Vorlesung

Lehrveranstaltung L0005: Ökonomische Aspekte von Energieprojekten	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Andreas Wiese
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Einführung: Definitionen; Bedeutung der Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung für Projekte im Bereich "Regenerative Energien"; Preise und Kosten; Wirtschaftlichkeit von Energiesystemen versus Wirtschaftlichkeit von einzelnen Projekten • Kostenschätzungen und Kostenberechnungen ◦ Definitionen, ◦ Kostenberechnung, ◦ Kostenschätzung, ◦ Berechnung von Kosten für Bereitstellung von Arbeit und Leistung, ◦ Kostenübersichten für regenerative Energietechnologien, ◦ Speicher: Kostenübersichten; Einfluss auf die Kosten erneuerbarer Energieprojekte • Wirtschaftlichkeitsrechnung ◦ Definitionen, ◦ Methoden: statische Verfahren, dynamische Verfahren (z. B. LCOE (levelised cost of electricity)), ◦ Betriebswirtschaftliche versus volkswirtschaftliche Betrachtung, ◦ Leistung und Arbeit bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung, ◦ Speicher und ihr Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung • Der Due Diligence Prozess als Begleiter der Wirtschaftlichkeitsanalyse • Berücksichtigung von Unsicherheiten bei Projekten zur Nutzung erneuerbarer Energien ◦ Definitionen, ◦ Technische Unsicherheiten, ◦ Kostenunsicherheiten, ◦ Sonstige Unsicherheiten • Projektfinanzierung ◦ Definitionen, ◦ Projekt- versus Unternehmensfinanzierung, ◦ Finanzierungsmodelle, ◦ Eigenkapitalquote, DSCR, ◦ Behandlung von Risiken in der Projektfinanzierung • Fördermöglichkeiten für erneuerbare Energieprojekte ◦ Mögliche Förderansätze, ◦ Gesetzliche Vorgaben in Deutschland (EEG), ◦ Emissionshandel und Emissionszertifikate
Literatur	Script der Vorlesung

Modul M1294: Bioenergie			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Prof. Martin Kaltschmitt		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	keine		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	
	Nein 10 %	Referat	
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	3 Stunden Klausur		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Oliver Lüdtke
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Allgemeine Einleitung • Was sind Biokraftstoffe? • Märkte & Entwicklungen • Gesetzliche Rahmenbedingungen • Treibhausgaseinsparungen • Generationen der Biokraftstoffe ◦ Bioethanol der ersten Generation ■ Rohstoffe ■ Fermentation ■ Destillation ◦ Biobutanol / ETBE ◦ Bioethanol der zweiten Generation ■ Bioethanol aus Stroh ◦ Biodiesel der ersten Generation ■ Rohstoffe ■ Produktionsprozess ■ Biodiesel & Rohstoffe ◦ HVO / HEFA ◦ Biodiesel der zweiten Generation ■ Biodiesel aus Algen • Biogas als Kraftstoff ◦ Biogas der ersten Generation ■ Rohstoffe ■ Fermentation ■ Reinigung zu Biomethan ◦ Biogas der zweiten Generation & Vergasungsverfahren ◦ Methanol / DME aus Holz und Tall oil®
Literatur	• Skriptum zur Vorlesung • Drapcho, Nhuan, Walker; Biofuels Engineering Process Technology • Harwardt; Systematic design of separations for processing of biorenewables • Kaltschmitt; Hartmann; Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren • Mousdale; Biofuels - Biotechnology, Chemistry and Sustainable Development • VDI Wärmeatlas

Lehrveranstaltung L0062: Biokraftstoffverfahrenstechnik	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Oliver Lüdtkke
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Ökobilanzen ◦ Exemplarisches Beispiel zur Bewertung von CO₂ Einsparungspotentialen durch alternative Kraftstoffe -- Wahl der Systemgrenzen und Datenbanken • Bioethanolherstellung ◦ Anwendungsaufgabe in der die Grundlagen der thermischen Trennverfahren (Rektifikation, Extraktion) thematisiert werden. Dabei liegt der Fokus auf einer Kolonnenauslegung, inkl. Wärmebedarf, Stufenanzahl, Rücklaufverhältnis... • Biodieselherstellung ◦ Verfahrenstechnische Optionen der Fest/Flüssigtrennung, inklusive Grundgleichungen zum Abschätzen von Leistung, Energiebedarf, Trennschärfe und Durchsatz • Biomethanproduktion ◦ Chemische Reaktionen, die bei der Herstellung von Biokraftstoffen relevant sind, inklusive Gleichgewichte, Aktivierungsenergien, shift-Reaktionen
Literatur	Skriptum zur Vorlesung

Lehrveranstaltung L1769: Globale Märkte für land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Michael Köhl, Bernhard Chilla
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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. 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 & 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. 3) Forecasts: Future Global Demand & 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 & 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.
Literatur	Lecture material

Lehrveranstaltung L1767: Thermische Biomassenutzung	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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. Der Kurs ist wie folgt aufgebaut: - Biomasse als Energieträger im Energiesystem, die Nutzung von Biomasse in Deutschland und weltweit, Übersicht über den Inhalt des Kurses - Photosynthese, die Zusammensetzung der organischen Stoffe, Pflanzenproduktion, Energiepflanzen, Reststoffen, organischen Abfällen - Biomasse Bereitstellung Ketten für holzige und krautige Biomasse, Ernte und Bereitstellung, Transport, Lagerung, Trocknung - Thermo-chemische Umwandlung von biogenen Festbrennstoffen - Grundlagen der thermo-chemischen Umwandlung - Direkte thermo-chemische Umwandlung durch Verbrennung: Verbrennungstechnologien für kleine und Großanlagen, Strom- Erzeugungstechnologien, Abgasbehandlungstechnologien, Asche und ihre Verwendung - Vergasung: Vergasungstechnologien, Gasreinigungstechnologien, Optionen zur Nutzung des gereinigten Gases für die Bereitstellung von Wärme, Strom und/oder Brennstoffe - 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 - 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) - Bio-chemische Umwandlung von Biomasse - Grundlagen der bio-chemische Umwandlung - Biogas: Prozess-Technologien für Anlagen mit landwirtschaftlichen Rohstoffen, Klärschlamm (Klärgas), organische Abfallfraktion (Deponiegas), Technologien für die Bereitstellung von Biomethan, die Verwendung des aufgeschlossenen Schlamm - Ethanol-Produktion: Prozesstechnologien für Einsatzmaterial, Zucker, Stärke oder Cellulose, die Verwendung von Ethanol als Kraftstoff, Verwendung der Schlempe
Literatur	Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 2. Auflage

Lehrveranstaltung L2386: Thermische Biomassenutzung	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt, Dr. Marvin Scherzinger
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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. 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.
Literatur	- Kaltschmitt, Martin; Hartmann, Hans; Hofbauer, Hermann: Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Science & Business Media, 2016. -ISBN 978-3-662-47437-2 - Versuchsskript

Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Bioraffinerien - Technische Auslegung und Optimierung (L1832)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3 3
CAPE bei Energieprojekten (L0022)		Projektierungskurs	3 3
Modulverantwortlicher	Prof. Martin Kaltschmitt		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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. Des Weiteren können sie die Grundlagen zur allgemeinen Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben, insbesondere mit ASPEN PLUS® und ASPEN CUSTOM MODELER® beschreiben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik: • modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Produktionsprozessen • auch bei unvollständiger Information in der zu bearbeitenden Aufgabe alternative Eingangsparameter abzuwägen, • die Arbeitsergebnisse durch Ausarbeitung einer schriftlichen Arbeit, durch die Präsentation eines Vortrags und der Verteidigung der Inhalte systematische zu dokumentieren. Sie können die ASPEN PLUS ® and ASPEN CUSTOM MODELER ® zur Modellierung energetischer Systeme anwenden und die Simulationslösung bewerten. 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.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können • im Team von circa 2-3 Personen zusammenarbeiten, • wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung von Prozessen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln, • ihre eigenen Arbeitsergebnisse vor Kommiliton*innen vertreten und die Leistungen der Kommiliton*innen im Vergleich zu Ihrer eigenen Leistung einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen.		
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung		
Prüfungsdauer und -umfang	Schriftliche Ausarbeitung inkl. Vortrag		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Oliver Lüdtke
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Empfohlene Vorkenntnisse: Prozess- und Anlagentechnik I und II Thermische Grundoperationen Wärme- und Stoffübertragung Strömungsmechanik I und II I. Wiederholung Grundlagen: 1. Rohrbündel Wärmeübertrager 2. Dampfkessel und Kältemaschinen 3. Pumpen und Turbinen 4. Strömung in Rohrleitungssystemen 5. Pumpen und Mischen nicht-newtonscher Fluide 6. Anforderungen eines detaillierten Anlagen-Aufstellungsplans II. Selbstständiges Rechnen: 1. Das Planen und Auslegen eines spezifischen Anlagenteils einer Bioraffinerie in Gruppenarbeit (z.B. Ethanoldestillation oder Fermentation) auf Basis realistischer Annahmen aus der Industrie. ◦ Massen- & Energiebilanzen (Aspen) ◦ Spezifische Apparate Auslegung (Wärmetauscher/Pumpen/Behälter/Rohre etc.) ◦ Isolierungen, Wanddicken und Behälter Material ◦ Energie-, Dampf-, Kühlbedarf ◦ Armaturen und Messinstrumente sowie Sicherheitseinrichtungen ◦ Vorgabe der Hauptregelkreise 2. Dabei wird der Zusammenhang und die Abhängigkeiten verschiedener Phänomene deutlich und die Beschreibung des Prozesses erfolgt anhand einer tatsächlich existierenden Anlage. 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. 4. Je nach Zeitbedarf und Gruppengröße werden auch Kostenabschätzung und die Erstellung eines ausführlichen R&I Fließbildes betrachtet
Literatur	Perry, R.;Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 2007 Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014

Lehrveranstaltung L0022: CAPE bei Energieprojekten	
Typ	Projektierungskurs
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• CAPE = <i>Computer-Aided-Project-Engineering</i> • EINFÜHRUNG IN DIE THEORIE ◦ Klassen von Simulationsprogrammen ◦ Sequentiell-modularer Ansatz ◦ Gleichungsorientierter Ansatz ◦ Simultan-modularer Ansatz ◦ Allgemeine Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben ◦ Spezielle Vorgehensweise zur Lösung von Modellen mit Rückführungen • COMPUTER-ÜBUNGEN zu erneuerbaren Energieprojekten MIT ASPEN PLUS® UND ASPEN CUSTOM MODELER® ◦ Anwendungsbereich, Potential und Grenzen von Aspen Plus® und Aspen Custom Modeler® ◦ Benutzung der integrierten Datenbanken für Stoffdaten ◦ Methoden zur Abschätzung nicht vorhandener physikalischer Stoffdaten ◦ Benutzung der Modellbibliotheken und Prozesssynthese ◦ Anwendung von Design-Spezifikationen und Sensitivitätsanalysen ◦ Lösung von Optimierungsproblemen Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.
Literatur	• Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide • William L. Luyben; Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5

Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse (L1065)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis (L1172)	Seminar	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Anna-Lena Heins		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik oder Verfahrenstechnik auf Bachelorniveau		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls • können die Studierenden den aktuellen Stand der Forschung zum jeweils diskutierten Themengebiet wiedergeben • können die Studierenden die grundlegenden Prinzipien des jeweils bearbeiteten biotechnologischen Produktionsprozesse benennen <i>Fertigkeiten</i> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, • aktuelle Forschungsansätze zu analysieren und zu bewerten • biotechnologische Produktionsprozesse grundsätzlich auszulegen Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> 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>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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Referat		
Prüfungsdauer und -umfang	Vortrag + Diskussion (45 min) + Schriftliche Ausarbeitung (10 Seiten),		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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		

Lehrveranstaltung L1065: Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Wilfried Blümke
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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. • Asset Lifecycle • Digitalisierung in der Bioprozess-Industrie • Grundprinzipien der industriellen Bioverfahrensentwicklung • Nachhaltigkeits-Aspekte bei der Entwicklung bioverfahrenstechnischer Prozesse
Literatur	Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract 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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts

Lehrveranstaltung L1172: Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Stephan Freyer
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Diese Lehrveranstaltung gibt einen Einblick in die Methodik bei der Entwicklung von Prozessen der Industriellen Biotechnologie. Wichtige Teilaspekte hierbei sind beispielsweise die Entwicklung der Fermentation und der Aufarbeitungsschritte zum jeweiligen Zielmolekül, die Integration der Teilschritte zu einem Gesamtverfahren sowie die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.
Literatur	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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract 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. http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts

Modul M2029: Process Imaging			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Prozessbildgebung (L2723)	Vorlesung	3	3
Prozessbildgebung Praktikum (L2724)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Penn		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	No special prerequisites needed. An interest in imaging techniques and image processing is helpful but not mandatory.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<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: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem. <i>Fertigkeiten</i> After the successful completion of the course, the students shall: 1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods, 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 3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering. Personale Kompetenzen <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. <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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	70 % schriftlicher Prüfung, 30% aktiver Mitarbeit und Abschlusspräsentation der problembasierten Lerneinheiten mit 5- 10 seitigen Bericht		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Penn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	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: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurement techniques work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem.
Literatur	Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. Available as e-book in the library of TUHH: https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395

Lehrveranstaltung L2724: Process Imaging Practicals	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Penn, Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Content: 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: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurements work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem. Learning goals: After the successful completion of the course, the students shall: 1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods, 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 3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.
Literatur	Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. Available as e-book in the library of TUHH: https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395

Modul M1354: Advanced Fuels			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
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
Modulverantwortlicher	Prof. Martin Kaltschmitt		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme des Moduls in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik: • Modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Kraftstoffproduktionsprozessen bzw. den entsprechenden Bereitstellungsketten • Umfangreiche Analyse verschiedener Kraftstoffbereitstellungsoptionen in technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht 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.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln.		
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja 20 %	Schriftliche Ausarbeitung	Details werden in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben.
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemie- und Bioingenieurwesen: 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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Martin Kaltschmitt
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- 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) - Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe
Literatur	Vorlesungsskript

Lehrveranstaltung L1926: Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Karsten Wilbrand
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Allgemeine Übersicht über verschiedene Advanced Biofuels und deren Prozesspfade (u.a. Gas-to-Liquid, HEFA und Alcohol-to-Jet Prozesse) - Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe
Literatur	- Babu, V.: Biofuels Production. Beverly, Mass: Scrivener [u.a.], 2013 - Olsson, L.: Biofuels. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007 - William, L. L.: Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5 - Perry, R.; Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 20 - Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014 - Kaltschmitt, M.; Neuling, U. (Ed.): Biokerosene - Status and Prospects; Springer, Berlin, Heidelberg, 2018

Lehrveranstaltung L2416: Mobilität und Klimaschutz	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Benedikt Buchspies, Dr. Karsten Wilbrand
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Anwendung der erlernten theoretischen Kenntnisse aus den jeweiligen Vorlesungen anhand konkreter Aufgaben aus der Praxis - Auslegung und Simulation von Teilprozessen der Produktionsprozesse in Aspen Plus ® - Ökologische und ökonomische Analyse von Kraftstoffbereitstellungspfaden - Einordnung von Fallbeispielen in geltende Regularien
Literatur	- Skriptum zur Vorlesung - Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide

Lehrveranstaltung L2415: Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Benedikt Buchspies
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Gesamtheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Kraftstoffpfade mit u. a folgenden Themenschwerpunkten: • Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Kraftstoffe • Ökonomische Betrachtung der verschiedenen alternativen Kraftstoffe • Regulatorischer Rahmen alternativer Kraftstoffe • Zertifizierung von alternativen Kraftstoffen • Markteinführungsmodelle alternativer Kraftstoffe
Literatur	• 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 • Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen

Modul M1796: Magnetic resonance in engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Grundlagen der Magnetresonanz (L2968)	Vorlesung	3	3
Magnetresonanz in den Ingenieurwissenschaften (L2969)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Modulverantwortlicher	Dr. Stefan Benders		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	No special previous knowledge is necessary.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<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		
Personale Kompetenzen			
<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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	120 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Materials Science and Engineering: Vertiefung Engineering Materials: Wahlpflicht Materials Science and Engineering: Vertiefung Nano and Hybrid Materials: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2968: Fundamentals of Magnetic Resonance	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	This lecture covers the fundamentals magnetic resonance imaging (MRI) and magnetic resonance spectroscopy (NMR). It focuses on the following topics: 1. The fundamentals of magnetic resonance: magnetism, magnetic fields, radiofrequency, spin, relaxation 2. Hardware for magnetic resonance: magnets (high-field and low-field), radiofrequency coil design, magnetic field gradients 3. NMR-Spectroscopy: chemical shift, J-Coupling, 2D NMR, solid-state, MAS 4. Relaxometry: single-sided NMR, contrasts, 5. Magnetic resonance imaging (MRI): gradients, coils, k-space, imaging sequences, ultrafast Imaging, parallel imaging, velocimetry, CEST 6. Hyperpolarization techniques: DNP, p-H₂, optical pumping with Xe 7. Applications of magnetic resonance in chemical engineering 8. Applications of magnetic resonance in material science and engineering 9. Applications of magnetic resonance in biomedical engineering
Literatur	Stapf, S., & Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8 Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524 , doi: https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001 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 & Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953 Haber-Pohlmeier, Sabina, Bernhard Blumich, and Luisa Ciobanu, (2022) Magnetic Resonance Microscopy: Instrumentation and Applications in Engineering, Life Science, and Energy Research. John Wiley & Sons

Lehrveranstaltung L2969: Magnetic Resonance in Engineering	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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.
Literatur	Stapf, S., & Han, S. (2006). NMR imaging in chemical engineering. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-60719-8 Blümich B., (2003) NMR imaging of materials. Oxford University Press, Online- ISBN: 9780191709524, doi: https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526766.001.0001 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 & Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118633953

Modul M2170: SMART Reactors			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Besondere Features smarter Reaktoren (L3475)	Seminar	2	2
Einführung in smarte Reaktoren (L3473)	Seminar	2	2
Lattice-Boltzmann-Simulationen für smarte Reaktoren (L3474)	Seminar	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	lectures from the undergraduate studies, especially mathematics, chemistry, thermodynamics, fluid mechanics, heat- and mass transfer		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Students are able to experimentally analyse, model and simulate transport processes in SMART Reactors as well as identify and further develop components for SMART Reactors. <i>Fertigkeiten</i> The students are able to describe and optimize SMART Reactors. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> The students are able to discuss in international teams in english and develop an approach under pressure of time. <i>Selbstständigkeit</i> Students are able to independently define tasks for working on the overall problem of "Components for SMART reactors". Based on the knowledge provided in the lecture, students acquire the necessary knowledge themselves and decide which methods from the lecture are to be used for implementation. They can organise themselves in a team and assign priorities for subtasks.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	Posterpräsentation, 1 Stunde		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3475: Special Features of SMART Reactors	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter, Weitere Mitarbeiter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3473: Introduction to SMART Reactors	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3474: Lattice Boltzmann Simulations for SMART Reactors	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Christian Weiland
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Fachmodule des Schwerpunktes Management und Controlling

Modul M1002: Produktions- und Logistikmanagement

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Operatives Produktions- und Logistikmanagement (L1198)	Vorlesung	2	2
Strategisches Produktions- und Logistikmanagement (L1089)	Vorlesung	2	2
Strategisches Produktions- und Logistikmanagement (L3152)	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung	1	2

Modulverantwortlicher Prof. Wolfgang Kersten

Zulassungsvoraussetzungen Keine

Empfohlene Vorkenntnisse Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre

Die zum erfolgreichen Absolvieren dieses Moduls erforderlichen Vorkenntnisse werden im Rahmen eines E-Learning-Angebots vermittelt. Einen Zugang sowie weitere Informationen zu dem zugehörigen Online-Lernmodul erhalten die Studierenden bei ihrer Einschreibung.

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

Fachkompetenz	Die Studierenden können
<i>Wissen</i>	- zwischen strategischem und operativem Produktions- und Logistikmanagement differenzieren; - Gestaltungsfelder des Produktions- und Logistikmanagements beschreiben; - den Unterschied zwischen traditionellen und neueren Produktionsplanungs- und -steuerungskonzepten verstehen; - die aktuellen Herausforderungen und Forschungsfelder des Produktions- und Logistikmanagement, insbesondere in einem internationalen Kontext, wiedergeben und erläutern.
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind auf Basis des erlernten Wissens in der Lage, - Methoden des Produktions- und Logistikmanagements in einem internationalen Kontext anzuwenden, - für die Lösung praktischer Probleme geeignete produktionswirtschaftliche Methoden und Werkzeuge auszuwählen, - geeignete Vorgehensweisen des Produktions- und Logistikmanagements auch für nicht standardisierte Fragestellungen auszuwählen, - Entscheidungsfelder im Produktions- und Logistikmanagement sowie zugehörige Einflussgrößen ganzheitlich zu beurteilen, - eine Produktions- und Logistikstrategie sowie einen Global Manufacturing Footprint systematisch zu gestalten.
Personale Kompetenzen	
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, - Diskussionen und Teamsitzungen anzuleiten, - in Gruppen zu Arbeitsergebnissen zu kommen und diese zu dokumentieren, - in fachlich gemischten Teams gemeinsame Lösungen zu erarbeiten und diese vor anderen zu vertreten, - Probleme und Lösungen vor Fachpersonen zu vertreten und Ideen weiterzuentwickeln.
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, - mögliche Konsequenzen ihres beruflichen Handelns einzuschätzen, - sich eigenständig Aufgaben zu definieren, hierfür notwendiges Wissen zu erschließen sowie geeignete Mittel zur Umsetzung einzusetzen - Forschungsaufgaben unter Reflexion möglicher gesellschaftlicher Auswirkungen zu definieren und durchzuführen.

Arbeitsaufwand in Stunden Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70

Leistungspunkte 6

Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
Ja	2.5 %	Übungsaufgaben	Online-Modul
Nein	15 %	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	PBL

Prüfung Klausur

Prüfungsdauer und -umfang 120 min

Zuordnung zu folgenden Curricula Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht
Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht
Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Kernqualifikation: Pflicht

Lehrveranstaltung L1198: Operatives Produktions- und Logistikmanagement	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Thorsten Blecker
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Vertiefende Kenntnisse des operativen Produktionsmanagements • • Traditionelle Produktionsplanung und -steuerungskonzepte • • Neuere Produktionsplanung und -steuerungskonzepte • • Verständnis und Anwendung quantitativer Methoden • • Weitere Konzepte des operativen Produktionsmanagements •
Literatur	Corsten, H.: Produktionswirtschaft: Einführung in das industrielle Produktionsmanagement, 12. Aufl., München 2009. Dyckhoff, H./Spengler T.: Produktionswirtschaft: Eine Einführung, 3. Aufl., Berlin Heidelberg 2010. Heizer, J./Render, B: Operations Management, 10. Auflage, Upper Saddle River 2011. Kaluza, B./Blecker, Th. (Hrsg.): Produktions- und Logistikmanagement in Virtuellen Unternehmen und Unternehmensnetzwerken, Berlin et al. 2000. Kaluza, B./Blecker, Th. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität. Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen, Berlin 2005. Kurbel, K.: Produktionsplanung und -steuerung, 5., Aufl., München - Wien 2003. Schweitzer, M.: Industriebetriebslehre, 2. Auflage, München 1994. Thonemann, Ulrich (2005): Operations Management, 2. Aufl., München 2010. Zahn, E./Schmid, U.: Produktionswirtschaft I: Grundlagen und operatives Produktionsmanagement, Stuttgart 1996 Zäpfel, G.: Grundzüge des Produktions- und Logistikmanagement, 2. Aufl., München - Wien 2001

Lehrveranstaltung L1089: Strategisches Produktions- und Logistikmanagement	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Wolfgang Kersten
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Identifikation von Aufgabenschwerpunkten und Gestaltungsfeldern des Produktions- und Logistikmanagements • Berücksichtigung aktueller Herausforderungen bei der Formulierung der Produktions- und Logistikstrategie • Charakterisierung, Entwicklung und Analyse geeigneter Wettbewerbsstrategien • Produktion und Logistik als Wettbewerbsfaktor • Identifikation und Gestaltung von Entscheidungsfeldern der Produktionsstrategie (Fertigungstiefenstrategie, Technologiestrategie, Standortstrategie, Kapazitätsstrategie) im Unternehmenskontext • Verstehen internationaler Rahmenbedingungen bei der Entwicklung einer Produktions- und Logistikstrategie • Vermittlung unterschiedlicher Rollen und Gestaltungsaspekte eines Global Manufacturing Footprint • Beurteilung der Produktions- und Logistikstrategien verschiedener Branchen und Unternehmen • Vermittlung vertiefender Kenntnisse von Konzepten des Produktions- und Logistikmanagements • Vermittlung vertiefender Kenntnisse von Lean Management und verwandten Konzepten; wesentliche Ziele und Maßnahmen; Einfluss von Lean auf Produktions- und Logistikstrategien • Analyse des Einflusses der Digitalisierung auf Produktions- und Logistikstrategien • Vorstellung und Diskussion aktueller Forschungsergebnisse im Produktions- und Logistikmanagement • Integration umfangreicher Problem-Based-Learning Einheiten zur Bearbeitung vorlesungsrelevanter Fallbeispiele; gemeinsame Erarbeitung und Entwicklung von Problemlösungsvorschlägen im Rahmen der interkulturellen Teamarbeit; Aufbereitung der Ergebnisse mit Hilfe moderner Präsentationsmedien
Literatur	Arvis, J.-F. et al. (2018): Connecting to Compete - Trade Logistics in the Global Economy, Washington, DC, USA: The World Bank Group, Download: https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29971 Corsten, H. /Gössinger, R. (2016): Produktionswirtschaft - Einführung in das industrielle Produktionsmanagement, 14. Auflage, Berlin/ Boston: De Gruyter/ Oldenbourg. Heizer, J./ Render, B./ Munson, Ch. (2016): Operations Management (Global Edition), 12. Auflage, Pearson Education Ltd.: Harlow, England. Kersten, W. et al. (2017): Chancen der digitalen Transformation. Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management, Hamburg: DVV Media Group Nyhuis, P./ Nickel, R./ Tullius, K. (2008): Globales Varianten Produktionssystem - Globalisierung mit System, Garbsen: Verlag PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH. Porter, M. E. (2013): Wettbewerbsstrategie - Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten, 12. Auflage, Frankfurt/Main: CampusVerlag. Schröder, M./ Wegner, K., Hrsg. (2019): Logistik im Wandel der Zeit - Von der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains, Wiesbaden: Springer Gabler Slack, N./ Lewis, M. (2017): Operations Strategy, 5/e Pearson Education Ltd.: Harlow, England. Swink, M./ Melnyk, S./ Cooper, M./ Hartley, J. (2011): Managing Operations across the Supply Chain, New York u.a. Wortmann, J. C. (1992): Production management systems for one-of-a-kind products, Computers in Industry 19, S. 79-88 Womack, J./ Jones, D./ Roos, D. (1990): The Machine that changed the world; New York. Zahn, E. /Schmid, U. (1996): Grundlagen und operatives Produktionsmanagement, Stuttgart: Lucius & Lucius Zäpfel, G.(2000): Produktionswirtschaft: Strategisches Produktions-Management, 2. Aufl., München u.a.

Lehrveranstaltung L3152: Strategisches Produktions- und Logistikmanagement	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Wolfgang Kersten
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1003: Produktionscontrolling				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Produktionscontrolling (L1219)		Vorlesung	2	2
Produktionscontrolling (Seminar) (L2967)		Seminar	2	3
Produktionscontrolling (Übung) (L1224)		Gruppenübung	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Wolfgang Kersten			
Zulassungsvoraussetzungen	Keine			
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
Fachkompetenz	Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse in den folgenden Bereichen erworben und können: • die Funktionen und neuen Anforderungen an das heutige Controlling erläutern, • die Aufgaben und Ziele des Produktions- bzw. Supply Chain-Controllings wiedergeben, • Supply Chain Controlling in einen internationalen Kontext einordnen, • die wesentlichen Aspekte der Investitionsplanung, -realisierung und -kontrolle darstellen, • die wesentlichen Aspekte des umfassenden Kostenmanagements (Kostenarten, Kostenstellen, Kostenträger) in eigenen Worten wiedergeben, • die in der Praxis angewandten Methoden zur Budgetierung erläutern und nachvollziehen, • die verschiedenen Methoden und Konzepte des Produktions- und Supply Chain Controllings wiedergeben und umfassend erläutern, • Chancen und Risiken der Digitalisierung für die Gestaltung des Produktions- und Supply Chain Controllings beschreiben, • einen Überblick über relevante Forschungsthemen des Produktions- und Supply Chain Controllings geben.			
Wissen				
Fertigkeiten				
Personale Kompetenzen	Die Studierenden sind auf Basis des erlernten Wissens in der Lage, - Methoden des Produktionscontrollings in einem internationalen Kontext anzuwenden, - für die Lösung praktischer Probleme geeignete Produktionscontrolling-Methoden und -Werkzeuge auszuwählen, - geeignete Vorgehensweisen des Produktionscontrollings auch für nicht standardisierte Fragestellungen auszuwählen, - Entscheidungsfelder im Produktionscontrolling sowie zugehörige Einflussgrößen ganzheitlich zu beurteilen.			
Sozialkompetenz				
Selbstständigkeit				
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70			
Leistungspunkte	6			
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja	20 %	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	
Prüfung	Klausur			
Prüfungsdauer und -umfang	90 min			
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung I. Management: Wahlpflicht Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Produktion und Logistik: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L1219: Produktionscontrolling	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Wolfgang Kersten
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Identifikation von Funktionen und neuen Anforderungen an das Controlling (Controlling im Wandel) • Abgrenzung von Controlling sowie Produktions-, Logistik- und Supply Chain-Controlling • Berücksichtigung global verteilter Wertschöpfungsstrukturen im Produktions- und Supply Chain-Controlling • Analyse von Investitionsprojekten und ihren wesentlichen Auswirkungen (Investitionscontrolling, Risikobeurteilung von Investitionen) • Vermittlung vertiefender Kenntnisse der Investitionsplanung, -realisierung und -kontrolle • Erarbeitung von Differenzierungsmerkmalen des betrieblichen Rechnungswesens, der Kosten- und Leistungsrechnung (Ziele, Zweck, Strukturierungsmöglichkeiten etc.) • Vermittlung umfassender Kenntnisse des Kostenmanagements (Kostenarten, Kostenstellen, Kostenträger) • Budgetierung in der Praxis; Analyse existierender Verfahren • Entwicklung einer Vorgehensweise zur Prozesskostenrechnung unter Berücksichtigung von Praxisbeispielen • Darstellung der Methode des Target Costing • Vermittlung von Relevanz und Verfahren der Lebenszykluskostenberücksichtigung eines Produkts • Anwendung und Praxisbeispiele für Kennzahlen in Produktion und Logistik • Diskussion von Chancen und Risiken der Digitalisierung für die Gestaltung des Produktions- und Supply Chain Controllings • Integration umfangreicher forschungsorientierter Problem-Based-Learning Einheiten zur Bearbeitung aktueller vorlesungsrelevanter Themen und Fallstudien; gemeinsame Erarbeitung und Entwicklung von Problemlösungsvorschlägen im Rahmen der interkulturellen Teamarbeit; Aufbereitung der Ergebnisse mit Hilfe moderner Präsentationsmedien
Literatur	Altrogge, G. (1996): Investition, 4. Aufl., Oldenbourg, München Arvis, J.-F. et al. (2018): Connecting to Compete - Trade Logistics in the Global Economy, The World Bank Group, Washington, DC, USA; Download: https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29971 Betge, P. (2000): Investitionsplanung: Methoden, Modelle, Anwendungen, 4. Aufl., Vahlen, München. Christopher, M. (2005): Logistics and Supply Chain Management, 3. Aufl., Pearson Education, Edinburgh. Corsten, H., Gössinger, R., Spengler, Th. (Hrsg., 2018): Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken, Berlin/Boston. Eversheim, W., Schuh, G. (2000): Produktion und Management. Betriebshütte: 2 Bde., 7. Aufl., Springer Verlag, Berlin. Friedl, G., Hofmann, C., Pedell, B. (2017): Kostenrechnung - Eine entscheidungsorientierte Einführung, 3. Aufl., Vahlen, München. Günther, H.-O., Tempelmeier, H. (2005): Produktion und Logistik, 6. Aufl., Springer Verlag, Berlin. Hahn, D. Horváth, P., Frese, E. (2000): Operatives und strategisches Controlling, in: Eversheim, W., Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management. Betriebshütte: 2 Bde. Springer Verlag, Berlin. Hansmann, K.-W. (1987): Industriebetriebslehre, 2. Aufl., Oldenbourg, München. Hoitsch, H.-J. (1993): Produktionswirtschaft: Grundlagen einer industriellen Betriebswirtschaftslehre, 2. Aufl., Vahlen, München. Horváth, P./ Gleich, R./ Seiter, M. (2020): Controlling, 14. Aufl., Vahlen, München. Kersten, W. et al. (2017): Chancen der digitalen Transformation. Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management, DVV Media Group, Hamburg. Kruschwitz, L. (2009): Investitionsrechnung, 12. Aufl., Oldenbourg, München. Obermaier, Robert (Hrsg., 2019): Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation: Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen, Wiesbaden Preißler, P. R. (2000): Controlling. 12. Aufl., Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München. Weber, J./ Wallenburg, C. M. (2010): Logistik- und Supply Chain Controlling, 6. Auflage, Schaeffer Poeschel Verlag, Stuttgart. Wildemann, H. (1987): Strategische Investitionsplanung, Methoden zur Bewertung neuer Produktionstechnologien, Gabler, Wiesbaden. Wildemann, H. (2001): Produktionscontrolling: Systemorientiertes Controlling schlanker Produktionsstrukturen, 4. Aufl. TCW, München.

Lehrveranstaltung L2967: Produktionscontrolling (Seminar)	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Wolfgang Kersten
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Im Seminar werden aktuelle Themen und Trends aus dem Produktionscontrolling weiter vertieft. In Form von Hausarbeiten und (Poster-)Präsentationen werden Themen aus ausgewählten Bereichen wie z.B. Industrie 4.0 oder Nachhaltigkeit in Kleingruppen bearbeitet. Die Studierenden erhalten so die Möglichkeit, sich in eigenständiger Arbeit forschungsorientiert mit dem „State-of-the-Art“ in einem Teilgebiet des Produktionscontrollings zu befassen. Durch die selbstständige Ausarbeitung können Studierende erste Erfahrung mit eigenständiger Forschung auf diesem Gebiet sammeln. Darüber hinaus können Studierende auch ihre Soft Skills (z. B. Präsentationsfähigkeiten, Teamarbeit) stärken, die für alle Arten von Controlling-bezogenen Tätigkeiten in einem internationalen Geschäftskontext benötigt werden.
Literatur	Die angewandte Fachliteratur ist von den jeweils gewählten Themen abhängig und wird passend zu den Semesterthemen aktualisiert. Darüberhinaus steht die Fachliteratur der korrespondierenden Vorlesung zur Verfügung.

Lehrveranstaltung L1224: Produktionscontrolling (Übung)	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Wolfgang Kersten
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Identifikation von Funktionen und neuen Anforderungen an das Controlling (Controlling im Wandel) • Abgrenzung von Controlling sowie Produktions-, Logistik- und Supply Chain-Controlling • Berücksichtigung global verteilter Wertschöpfungsstrukturen im Produktions- und Supply Chain-Controlling • Analyse von Investitionsprojekten und ihren wesentlichen Auswirkungen (Investitionscontrolling, Risikobeurteilung von Investitionen) • Vermittlung vertiefender Kenntnisse der Investitionsplanung, -realisierung und -kontrolle • Erarbeitung von Differenzierungsmerkmalen des betrieblichen Rechnungswesens, der Kosten- und Leistungsrechnung (Ziele, Zweck, Strukturierungsmöglichkeiten etc.) • Vermittlung umfassender Kenntnisse des Kostenmanagements (Kostenarten, Kostenstellen, Kostenträger) • Budgetierung in der Praxis; Analyse existierender Verfahren • Entwicklung einer Vorgehensweise zur Prozesskostenrechnung unter Berücksichtigung von Praxisbeispielen • Darstellung der Methode des Target Costing • Vermittlung von Relevanz und Verfahren der Lebenszykluskostenberücksichtigung eines Produkts • Anwendung und Praxisbeispiele für Kennzahlen in Produktion und Logistik • Integration umfangreicher Problem-Based-Learning Einheiten zur Bearbeitung vorlesungsrelevanter Fallbeispiele; gemeinsame Erarbeitung und Entwicklung von Problemlösungsvorschlägen im Rahmen der interkulturellen Teamarbeit; Aufbereitung der Ergebnisse mit Hilfe moderner Präsentationsmedien
Literatur	Altrogge, G. (1996): Investition, 4. Aufl., Oldenbourg, München Betge, P. (2000): Investitionsplanung: Methoden, Modelle, Anwendungen, 4. Aufl., Vahlen, München. Christopher, M. (2005): Logistics and Supply Chain Management, 3. Aufl., Pearson Education, Edinburgh. Eversheim, W., Schuh, G. (2000): Produktion und Management. Betriebshütte: 2 Bde., 7. Aufl., Springer Verlag, Berlin. Günther, H.-O., Tempelmeier, H. (2005): Produktion und Logistik, 6. Aufl., Springer Verlag, Berlin. Hahn, D. Horváth, P., Frese, E. (2000): Operatives und strategisches Controlling, in: Eversheim, W., Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management. Betriebshütte: 2 Bde. Springer Verlag, Berlin. Hansmann, K.-W. (1987): Industriebetriebslehre, 2. Aufl., Oldenbourg, München. Hoitsch, H.-J. (1993): Produktionswirtschaft: Grundlagen einer industriellen Betriebswirtschaftslehre, 2. Aufl., Vahlen, München. Horváth, P. (2011): Controlling, 12. Aufl., Vahlen, München. Kruschwitz, L. (2009): Investitionsrechnung, 12. Aufl., Oldenbourg, München. Martinich, J. S. (1997): Production and operations management: an applied modern approach. Wiley. Preißler, P. R. (2000): Controlling. 12. Aufl., Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München. Weber, J. (2002): Logistik- und Supply Chain Controlling, 5. Auflage, Schaeffer-Poeschel Verlag, Stuttgart. Wildemann, H. (1987): Strategische Investitionsplanung, Methoden zur Bewertung neuer Produktionstechnologien, Gabler, Wiesbaden. Wildemann, H. (2001): Produktionscontrolling: Systemorientiertes Controlling schlanker Produktionsstrukturen, 4. Aufl. TCW, München.

Modul M2004: Sustainable Circular Economy			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Circular Economy (L3264)	Seminar	2	3
Umweltschutz und Nachhaltigkeit (L0319)	Vorlesung	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Kerstin Kuchta		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	none		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	Students are able to describe single techniques and to give an overview for the field of safety and risk assessment, Circular Economy as well as environmental and sustainable engineering, in detail: - basics in safety and reliability of technical facilities - risk assessment and reliability analysis methods - Circularity of material - Identification and evaluation of material flows - energy production and supply - sustainable product design		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able apply interdisciplinary system-oriented methods for Circularity and risk assessment as well as sustainability reporting. They can evaluate the effort and costs for processes and select economically feasible treatment concepts.		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>	Students can gain knowledge of the subject area from given sources and transform it to new questions. Furthermore, they can define targets for new application or research-oriented duties in for risk management and sustainability concepts accordance with the potential social, economic and cultural impact.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung		
Prüfungsdauer und -umfang	Ausarbeitung und Präsentation (45 Minuten in Gruppen)		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: 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 Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L3264: Circular Economy	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Marco Ritzkowski
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L0319: Environment and Sustainability	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Kerstin Kuchta
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	This course presents actual methodologies and examples of environmental relevant, sustainable technologies, concepts and strategies in the field of energy supply, product design, water supply, waste water treatment or mobility. The following list shows examples: • Production and use of biochar • Energy production with algae • Environmentally friendly product design • Clean development mechanisms • Democracy and energy • Alternative mobility
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Modul M1888: Environmental protection management			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltmanagement (L0387)		Integrierte Vorlesung	3 3
Technologie der Luftreinhaltung (L0203)		Vorlesung	2 3
Modulverantwortlicher	Dr. Swantje Pietsch-Braune		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i> Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	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	
Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Hans-Joachim Nau
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Objectives of and benefit from HSE management - From dilution and end-of-pipe technology to eco-efficiency and eco-effectiveness Behaviour control: regulations, economic instruments and voluntary initiatives - 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 - Crisis management
Literatur	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	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Swantje Pietsch-Braune, Christian Eichler
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	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 form 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.
Literatur	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 M0996: Supply Chain Management			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Advanced Topics in Supply Chain Management (L3228)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2 3
Supply Chain Management (L1218)		Vorlesung	2 3
Modulverantwortlicher	Prof. Christian Thies		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	no		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Current developments in international business activities such as outsourcing, offshoring, internationalization and globalization and emerging markets illustrated by examples from practice. - Theoretical Approaches and methods in logistics and supply chain management and use in practice. - to identify fields of decision in SCM . - reasons for the formation of networks based on various theories from institutional economics (transaction cost theory, principal-agent theory, property-right theory) and the resource-based view. - Selected approaches to explain the development of networks. - to illustrate phases of network formation. - to understand the functional mechanisms of inter-organizational and international network relationships. - to explain and categorize relationships within networks. - advantages and disadvantages of offshoring and outsourcing and to illustrate the distinction between the two terms . - to state criteria/ factors/ parameters that influence production location decisions at the global level (total network costs). - to explain methods for location finding/evaluation. - to interpret phenotypes of production networks. - recognize relationships between R & D and production and their locations and to describe coherent models. - to solve sub-problems with the configuration of logistics networks (distribution and spare parts networks) by the use of appropriate approaches. - to categorise special waste logistics including their duties & objectives and to state and describe practical examples of good networking.		
<i>Fertigkeiten</i>	- to asses trends and challenges in national and international supply chains and logistics networks and their consequences for companies. - to evaluate, analyse and systematise networks and network relations based on the lecture. - to analyse partners and their suitability for co-operation in collaborations and cooperative relations. - to select sourcing concepts for specific products / product components based on the lecture as well as advantages and disadvantages of each approach. - to evaluate location decisions for production and R & D based on concepts. - to recognize relationships between R & D and production as well as their locations and to evaluate the suitability of specific models for different situations. - to transfer the analyzed concepts to international practices. - to analyse and evaluate the product development processes. - to analyse concepts of Information and communication management in logistics. - to design subcontracting, procurement, production and disposal as well as R & D networks to shape, - to plan reorganise efficient and flow-oriented enterprise networks. - to adopt methods of complexity management and risk management in logistics.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	- to evaluate intercultural and international relationships based on discussed case studies. - advance planning and design of network formation and their objectives based on content discussed in the lecture. - definition of procurement strategies for individual parts using the gained knowledge of procurement networks. - design of the procurement network (external/internal/modules etc.) based on the sourcing concepts and core competencies, as well as on the findings of the case studies. - to make decision of location for production taking into account global contexts, evaluation methods and buying/selling markets, which were also discussed in the case studies and their dependence on R & D. - Decision on R & D locations based on the insights gained from case studies / practical examples and the selection of an appropriate model.		
<i>Selbstständigkeit</i>	After completing the module students are capable to work independently on the subject of Supply Chain Management and transfer the acquired knowledge to new problems.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Nein 20 %	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung I. Management: Wahlpflicht Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Produktion und Logistik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3228: Advanced Topics in Supply Chain Management	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Christian Thies
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L1218: Supply Chain Management	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Christian Thies
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Vermittlung eines tiefgreifenden Verständnisses von Logistik und Supply Chain Management • Vermittlung umfassender theoretischer Ansätze und Methoden in der Logistik und im Supply Chain Management; Übertragung der analysierten Konzepte auf Praxisbeispiele • Ausarbeitung und kritische Diskussion unterschiedlicher Supply Chain Konfigurationen sowie strategischer Supply Chain Ansätze (z.B. Effizienz vs. Reaktionsfähigkeit) • Einführung in die Managementprozesse des SCOR-Modells; Vermittlung von Konzepten der Bereiche Planung, Beschaffung/Einkauf und Distribution • Vermittlung von Grundlagen des Supply Chain Risikomanagements; Übertragung der Konzepte auf Praxisbeispiele • Einführung in die digitale Transformation; Identifikation von Trends und Strategien in der Logistik und Supply Chain Management; Ableitung von Chancen der digitalen Transformation in der Logistik und Supply Chain Management • Einführung in die Datenanalyse und -visualisierung mithilfe eines Tools; Anwenden der Kenntnisse auf Themengebiete in der Logistik und Supply Chain Management; Aufbereitung der Ergebnisse mit Hilfe moderner Präsentationsmedien
Literatur	Bowersox, D. J., Closs, D. J. und Cooper, M. B. (2010): Supply chain logistics management, 3rd edition, Boston [u.a.]: McGraw-Hill/Irwin. Chopra, S. und Meindl, P. (2016): Supply chain management: strategy, planning, and operation, 6th edition, Boston [u.a.]: Pearson. Corsten, H., Gössinger, R. (2007): Einführung in das Supply Chain Management, 2. Aufl., München/Wien: Oldenbourg. Corsten, H., Gössinger, R., Spengler, Th. (Hrsg., 2018): Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken, Berlin/Boston. Heiserich O., Helbig, K. und Ullmann, W. (2011): Logistik, 4. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden: Gabler Verlag/ Springer Fachmedien. Heizer, J., Render, B., Munson, Ch. (2020): Principles of Operations Management, 11th edition, Boston: Pearson. Hugos, M. (2018): Essentials of Supply Chain Management, Wiley. Fisher, M. (1997): What is the right supply chain for your product?, Harvard Business Review, Vol. 75, No. pp., S. 105-117. Kersten, W. Seiter, M., von See, B. and Hackius, N. und Maurer, T. (2017): Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management: Chancen der digitalen Transformation, DVV Media Group GmbH: Hamburg. Kuhn, A. und Hellingrath, B. (2002): Supply Chain Management: optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette, Berlin [u.a.]: Springer. Larson, P., Poist, R. and Halldórsson, Á. (2007): Perspectives on logistics vs. SCM: a survey of SCM professionals, in: Journal of Business Logistics, Vol. 28, No. 1, S. 1-24. Kummer, S., Grün, O. und Jammerneegg, W. (2018): Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik, 4. aktualisierte Auflage, München: Pearson Studium. Obermaier, Robert (Hrsg., 2019): Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation: Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen, Wiesbaden. Porter, M. (1986): Changing Patterns of International Competition, California Management Review, Vol. 28, No. 2, S. 9-40. Schröder, M./ Wegner, K., Hrsg. (2019): Logistik im Wandel der Zeit - Von der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains, Wiesbaden: Springer Gabler Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. und Simchi-Levi, E. (2008): Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies, 3rd edition, Boston [u.a.]: McGraw-Hill/Irwin. Supply Chain Council (2014): Supply Chain Operations Reference (SCOR) model: Overview - Version 11.0. Swink, M., Melnyk, S. A., Cooper, M. B. und Hartley, J. L. (2011): Managing Operations - Across the Supply Chain. 2nd edition, New York, NY: McGraw-Hill/Irwin. Weele, A. J. v. (2005): Purchasing & supply chain management, 4th edition, London [u.a.]: Thomson Learning.

Thesis

Modul M-002: Masterarbeit			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Modulverantwortlicher	Professoren der TUHH		
Zulassungsvoraussetzungen	Laut ASPO § 21 (1): Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss.		
Empfohlene Vorkenntnisse	keine		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	- Die Studierenden können das Spezialwissen (Fakten, Theorien und Methoden) ihres Studienfaches sicher zur Bearbeitung fachlicher Fragestellungen einsetzen. - 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. - Die Studierenden können eine eigene Forschungsaufgabe in ihrem Fachgebiet verorten, den Forschungsstand erheben und kritisch einschätzen.		
<i>Fertigkeiten</i>	- Die Studierenden sind in der Lage, für die jeweilige fachliche Problemstellung geeignete Methoden auszuwählen, anzuwenden und ggf. weiterzuentwickeln. - Die Studierenden sind in der Lage, im Studium erworbenes Wissen und erlernte Methoden auch auf komplexe und/oder unvollständig definierte Problemstellungen lösungsorientiert anzuwenden. - Die Studierenden können in ihrem Fachgebiet neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und diese kritisch beurteilen.		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	Studierende können - eine wissenschaftliche Fragestellung für ein Fachpublikum sowohl schriftlich als auch mündlich strukturiert, verständlich und sachlich richtig darstellen. - in einer Fachdiskussion Fragen fachkundig und zugleich adressatengerecht beantworten und dabei eigene Einschätzungen überzeugend vertreten.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind fähig, - ein eigenes Projekt in Arbeitspakete zu strukturieren und abuarbeiten. - sich in ein teilweise unbekanntes Arbeitsgebiet des Studiengangs vertieft einzuarbeiten und dafür benötigte Informationen zu erschließen. - Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens umfassend in einer eigenen Forschungsarbeit anzuwenden.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 900, Präsenzstudium 0		
Leistungspunkte	30		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Abschlussarbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	laut ASPO		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Computational Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Computer Science: Abschlussarbeit: Pflicht Data Science: Abschlussarbeit: Pflicht Electrical Engineering and Information Technology: 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
Maschinenbau - Produktentwicklung und Produktion: 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
Schiffbau und Meerestechnik - Kopie: 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