



Modulhandbuch

Master of Science (M.Sc.)

Chemie- und Bioingenieurwesen

Kohorte: Wintersemester 2025

Stand: 1. Juni 2026

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Studiengangsbeschreibung	3
Fachmodule der Kernqualifikation	5
Modul M2070: Responsible Management: Entrepreneurship, Ethics, Sustainability	5
Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications	7
Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik	9
Modul M1970: Process Modelling and Control	11
Modul M0973: Biocatalysis	13
Modul M2050: Cellular and Molecular Biotechnology	15
Modul M2175: Transport Processes	17
Modul M0895: Advanced Chemical Reaction Engineering	20
Modul M2002: Waste and Resource Management	24
Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering	26
Modul M2029: Process Imaging	30
Fachmodule der Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen	32
Modul M0523: Betrieb & Management	32
Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	33
Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik	35
Modul M2002: Waste and Resource Management	39
Modul M0895: Advanced Chemical Reaction Engineering	41
Modul M2094: Solid Process Engineering and Air Pollution Abatement in Chemical Industry	45
Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik	46
Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen	48
Modul M1954: Process Simulation and Process Safety	51
Modul M1709: Applied Optimization in Energy and Process Engineering	54
Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering	56
Modul M0898: Heterogeneous Catalysis	60
Modul M2029: Process Imaging	62
Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik	64
Modul M2028: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering	66
Modul M1777: Introduction to model-based industrial process development for biopharmaceuticals	69
Modul M1778: Special Topics on Fluid Mechanics	71
Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications	74
Modul M1354: Advanced Fuels	76
Modul M2006: Waste Treatment and Recycling	79
Modul M1294: Bioenergie	81
Modul M2050: Cellular and Molecular Biotechnology	85
Modul M0545: Separation Technologies for Life Sciences	87
Modul M0973: Biocatalysis	90
Modul M2003: Biological Waste Treatment	92
Modul M0636: Cell and Tissue Engineering	94
Modul M2084: Scaling of Bioprocesses	96
Modul M1017: Lebensmittelverfahrenstechnik	98
Modul M1955: Process Intensification in Process Engineering	100
Modul M2004: Sustainable Circular Economy	101
Modul M2048: Technischer Ergänzungskurs für Chemie- und Bioingenieurwesen (laut FSPO)	103
Modul M0900: Examples in Solid Process Engineering	104
Modul M1796: Magnetic Resonance in Engineering	106
Modul M1970: Process Modelling and Control	108
Modul M2171: Sustainable Process Design Project	110
Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik	112
Modul M0951: Bioprocess Engineering Advanced Practical Course	114
Modul M2049: Forschungsprojekt Chemie- und Bioingenieurwesen	116
Modul M2175: Transport Processes	117
Modul M2170: SMART Reactors	120
Modul M2205: Fluid Dynamics to Face Climate Change	122
Thesis	124
Modul M-002: Masterarbeit	124

Studiengangsbeschreibung

Inhalt

Das Studium des Chemie- und Bioingenieurwesens mit Abschluss Master of Science an der TUHH bereitet seine Absolventinnen und Absolventen auf innovatives Arbeiten in führenden Positionen der Chemie-, Energie-, Umwelt-, Lebensmittel- und Pharmaindustrie, 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 Studien- und Abschlussarbeiten. In vielen Veranstaltungen wird durch problemorientiertes Lernen ein direkter Bezug zur industriellen Praxis hergestellt. Die frühere Trennung in Studiengänge „Verfahrenstechnik“ sowie „Bioverfahrenstechnik“ wurde gezielt überwunden um der immer stärkeren Differenzierung und zugleich Vernetzung der Disziplin Rechnung zu tragen und eine ganzheitliche Betrachtung zu ermöglichen. Stattdessen bietet das Studium ein hohes Maß an Freiheit bei der Wahl der Module was eine starke Profilbildung ermöglicht.

Berufliche Perspektiven

Mit einem Master-Abschluss der TUHH in Chemie- und Bioingenieurwesen kann man in folgenden Berufsfeldern tätig werden:

- Chemie- und Pharmaindustrie
- Lebensmittel- und Biotechnologie
- Energie- und Umwelttechnik
- Führungspositionen an der Schnittstelle zwischen Ingenieurwissenschaften/ Chemie/ Biologie
- vielfältige Tätigkeitsbereiche: Forschung und Entwicklung, Produktion, Qualitätsmanagement, Unternehmensberatung

Lernziele

Wissen:

- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, einen breiten Überblick über Themen des Chemie- und Bioingenieurwesens zu geben sowie Teilgebiete der Disziplin in der Tiefe zu erklären.
- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, den aktuellen Stand der Wissenschaft im Bereich des Chemie- und Bioingenieurwesens umfassend wiederzugeben. Sie können die in diesem Feld sowie in angrenzenden Disziplinen auftretenden Phänomene fundiert erklären.
- Die Absolventinnen und Absolventen können die wesentlichen Prinzipien des Chemie- und Bioingenieurwesens zur Auslegung, Modellierung und Simulation verfahrenstechnischer und bioverfahrenstechnischer Prozesse und chemischer und biochemischer Reaktionen, von Energie-, Stoff- und Impulstransportprozessen, von Trennprozessen auf der Mikro-, Meso- und Makroskala sowie zum Betrieb entsprechender Anlagen umfassend und in Teilgebieten im Detail erläutern.
- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, die Auslegung einer verfahrenstechnischen Anlage hinsichtlich Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch zu unterstützen und zu beurteilen. Die Absolventinnen und Absolventen können ökonomische, ökologische und soziale Aspekte verfahrenstechnischer Prozesse beurteilen und sind in der Lage, einen nachhaltigen Prozess zu gestalten.
- Die Absolventinnen und Absolventen können rechtliche Aspekte im Zusammenhang mit verfahrenstechnischen und bioverfahrenstechnischen Prozessen und Produktionsanlagen berücksichtigen. Die Absolventinnen und Absolventen können digitalen Werkzeugen im Fachbereich Chemie- und Bioingenieurwesen sinnvoll einsetzen.

Die im Studiengang vermittelten Themenkomplexe „Ethik“, „Nachhaltigkeit“ und „Entrepreneurship“ eröffnen den Studierenden die Möglichkeit, zukunftsweisende unternehmerische Ansätze mit einem tiefen Bewusstsein für ethische Verantwortung und nachhaltige Praktiken zu verknüpfen, um innovative Lösungen für die Herausforderungen der modernen Welt zu entwickeln.

Fertigkeiten:

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

Sozialkompetenz:

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

Selbstständigkeit:

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

Studiengangsstruktur

Das Curriculum des Masterstudiengangs Chemie- und Bioingenieurwesen verfolgt einen Ansatz, der durch hohe Wahlfreiheit gekennzeichnet ist.

Kernqualifikation: Wahl von 5 aus 10 Fachmodulen, 30 LP, 1. und 2. Semester,
ergänzt um das Pflichtmodul Verantwortungsbewusstes Management: Entrepreneurship, Ethik, Nachhaltigkeit, 6 LP

Vertiefungsbereich: Wahlpflichtmodule im Umfang von 54 LP aus einem Katalog von 42 Modulen (258 LP) , 2. und 3. Semester

Masterarbeit: 30 LP, 4. Semester

Damit ergibt sich ein Gesamtaufwand von 120 LP.

In der Kernqualifikation werden 5 Module aus den 10 inhaltlich wichtigsten Bereichen des Studienfachs gewählt. Einzig verpflichtendes Modul ist das Modul Verantwortungsbewusstes Management: Entrepreneurship, Ethik, Nachhaltigkeit. Dies spiegelt die übergeordnete Bedeutung des Themas für zukünftige Ingenieur*innen wider.

Im Vertiefungsbereich erfolgt die Schwerpunktsetzung durch die eigenverantwortliche Wahl der Module. Diese wird durch das Angebot von Musterstudienverläufen unterstützt. Die Module haben einen hohen Anteil an Praktika zur Vertiefung praktischer Kompetenzen. Der Vertiefungsbereich enthält einen Technischen Ergänzungskurs. Dieser eröffnet die Wahl eines fachlich verwandten Moduls. Natürlich besteht auch die Möglichkeit, neben den Fachmodulen, die überfachlichen und nichttechnischen Kompetenzen zu schulen.

Das dritte Semester ist gut geeignet für einen Auslandsaufenthalt, da laut Studienplan nur Wahlpflichtmodule zu absolvieren sind.

Fachmodule der Kernqualifikation

Modul M2070: Responsible Management: Entrepreneurship, Ethics, Sustainability

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Entrepreneurship in der Verfahrenstechnik (L3403)	Vorlesung	2	2
Ethik in der Verfahrenstechnik (L3401)	Vorlesung	2	2
Nachhaltigkeit in der Verfahrenstechnik (L3402)	Vorlesung	2	2

Modulverantwortlicher	Prof. Kerstin Kuchta
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 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
Prüfungsdauer und -umfang	X
Zuordnung zu folgenden Curricula	Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht

Lehrveranstaltung L3403: Entrepreneurship in Process Engineering

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Christian Lüthje
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	How can scientific discoveries become impactful innovations? This course focuses on the early stages of the entrepreneurial journey, helping students in bio-chemical and process engineering to understand the development of problem-driven solutions that have real-world impact—whether by driving innovation within existing companies or creating their own ventures. Students will learn how to identify meaningful problems, validate them through research and industry insights, generate innovative ideas, and test their feasibility (problem-solution fit). The course also introduces market analysis, competition assessment to determine the potential of an idea before deeper business model development. All insights and methods will be applied in a group project, where students tackle a real-world challenge—either suggested by external partners (such as TUHH research institutes, startups, or SMEs) or developed independently based on their own interests. Through hands-on workshops, case studies, and expert-led discussions, students will move from problem discovery to validated solution concepts. The course includes an excursion to a sustainability-focused startup in bio- or chemical process engineering, offering students first-hand insights into real-world entrepreneurial challenges and innovations.
Literatur	

Lehrveranstaltung L3401: Ethics in Process Engineering

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Maximilian Kiener
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	This lecture provides an introduction to ethics with a special focus on the challenges within process engineering. Key topics include the ethics of risk and decision-making, theories of justice and democracy, AI ethics, the future of work, and the concept of responsibility. The course aims to equip students with a critical understanding of ethical frameworks and their application in engineering practice.
Literatur	

Lehrveranstaltung L3402: Sustainability in Process Engineering	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Kerstin Kuchta
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Today, sustainability performance has a relevant impact on a company's economic success and reputation. This course therefore offers a sound introduction to environmental and sustainability management and the fundamental aspects of sustainability strategies, public welfare and the carbon footprint of processes and products. The aim is to develop a global understanding of the most important challenges of sustainable development. Relevant topics such as climate change, population growth, biodiversity, air and water quality and the concept of planetary boundaries are presented. An overview of the framework of environmental law and relevant standards is given. This includes the following aspects: Definition(s) of sustainability, energy and material efficiency and circular economy /Sustainable Development Goals of the UN- Product life cycle, product life cycle management / Basics of carbon footprint (CO₂, water, area, etc.)/ Basics of life cycle assessment /Sustainable Manufacturing and Sustainable Services/ Circular Economy/ Remanufacturing / Reconfiguration / Update Factories. The methods of climate accounting are trained using concrete examples and case studies are presented by the students. After completing the course, students will be able to systematically analyse processes for risks and sustainability, carry out climate assessments and develop strategies to manage sustainability in the company in a targeted manner.
Literatur	

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 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			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, basierend auf der Kenntnis der Mikroprozesse auf Partikelebene die Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik sehr detailliert zu beschreiben und zu erläutern.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Verfahren und Apparate zur gezielten Prozessierung von Feststoffen in Abhängigkeit von den spezifischen Partikeleigenschaften auszuwählen, zu modifizieren und zu modellieren		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden sind in der Lage Aufgaben im Bereich der Feststoffverfahrenstechnik in kleinen Gruppen zu bearbeiten und die gesammelten Ergebnisse anschließend mündlichen zu präsentieren. Die Studierenden sind befähigt, fachliches Wissen mit wissenschaftlichen Kollegen zu diskutieren.		
<i>Selbstständigkeit</i>	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 M1970: Process Modelling and Control			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Prozessmodellierung und Prozessführung (L3220)	Vorlesung	2	3
Prozessmodellierung und Prozessführung (L3221)	Gruppenübung	3	3
Modulverantwortlicher	Prof. Mirko Skiborowski		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Engineering fundamentals Unit operations of mechanical and thermal process engineering as well as chemical reaction engineering Conceptual Process Design		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	Students are able to - classify types of process models and model equations - explain numerical methods for simulation - explain the solution system for flow diagram simulation - classify control structures and present process control concepts for different apparatus and complex process engineering systems Students are able to - formulate and implement process control objectives - design and evaluate control strategies and structures - analyze model structure and model parameters from the simulation of processes		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are enabled to acquire knowledge on the basis of further literature		
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 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 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L3220: Process modeling and control	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Process modeling: introduction, mathematical modeling, model building blocks, structured model development, analysis of model equations Process simulation: numeric, validation, flow sheet simulation, solution strategies Process control: process variables, control loops, model-based methods, plant-wide control
Literatur	C. Eck, et al., Mathematische Modellierung, Springer, 2017 W. Luyben, Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers, 1990 H. Schuler, Prozesssimulation, VCH, 1995 H. Schuler, Prozessführung, Oldenburg, 1999

Lehrveranstaltung L3221: Process modeling and control	
Typ	Gruppenübung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski
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>			
<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: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: 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 M2050: Cellular and Molecular Biotechnology			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Anwendungen von Ganzzell-Biokatalysatoren in der Biotechnologie (L3301)	Seminar	1	1
Fortgeschrittene mikrobielle Genetik (L3302)	Vorlesung	1	1
Herausforderungen für die Gentechnik in der Biotechnologie (L3303)	Seminar	1	1
Mikrobielle Vielfalt in Anwendungen (L3300)	Vorlesung	1	1
Praktikum: Zelluläre und molekulare Biotechnologie (L3304)	Laborpraktikum	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Johannes Gescher		
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 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Referat	Vortrag
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3301: Applications of whole cell biocatalysts in biotechnology	
Typ	Seminar
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3302: Advanced microbial genetics	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3303: Challenges for genetic engineering in biotechnology	
Typ	Seminar
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3300: Microbial Diversity in Applications	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3304: Parctical course: Cellular and molecular biotechnology	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Modul M2175: 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	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Gruppendiskussion	Gruppendiskussion
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	15 Minuten Vortrag + 90 Minuten Multiple Choice Klausur		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: 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 M0895: Advanced Chemical Reaction Engineering			
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	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Content of the bachelor-lecture "basics of chemical reaction engineering".		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> After completion of the module, students are able to: - identify differences between ideal and non-ideal reactors, - infer fundamental differences in kinetic models for catalyzed reactions, - name modelling algorithms for non-ideal reactors. <i>Fertigkeiten</i> After successful completion of the module the students are able to -evaluate properties of non-ideal reactors -compare kinetic models of heterogeneous-catalyzed reactions and develop measuring techniques thereof -choose instruments for temperature, pressure- concentration and mass-flow measurements regarding process conditions -develop a concept for design of experiments Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> The students are able to analyze scientific challenges and elaborate suitable solutions in small groups. Moreover they are able to document these approaches according to scientific guidelines. After successful completion of the lab-course the students have a strong ability to organize themselves in small groups to solve issues in chemical reaction engineering. 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	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht 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: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L0222: Chemical Reaction Engineering (Advanced Topics)	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Real reactors (residence time distribution $E(t)$, $F(t)$-curve, measurement of $E(t)$ or $F(t)$, residence time distribution of ideal reactors, modeling of real reactors, segregated flow model, tanks in series model, dispersion model, compartment models) 2. Heterogeneous catalysis (what is a catalyst, operation principle of a catalyst, volcano plot, homogeneous catalysis, heterogeneous catalysis, biocatalysis, physisorption and chemisorption, turn-over frequency (TOF), Sabatier's principle, Bronstedt-Evans-Polyani-relationship, Adsorption isotherms of single and multi-component systems, kinetic models of heterogeneous catalytic reactions, Langmuir-Hinshelwood kinetics, Eley-Rideal kinetics, power law rate equations, kinetic measurements on heterogeneously catalyzed reactions in the laboratory, microkinetic modeling, catalyst characterization) 3. Diffusion in heterogeneous catalysis (diffusion regimes, Knudsen-diffusion, molecular diffusion, surface diffusion, single-file diffusion, reference systems, Stefan-Maxwell-Equations, Fick's law, pore effectiveness factor, impact of diffusion limitations in heterogeneous catalysis, Damköhler-relation, mass- and energy balance of heterogeneous catalytic reactors) 4. Laboratory measurements in heterogeneous catalysis (temperature, pressure, concentration, mass flow controllers, laboratory reactors, experimental design)
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 Publ. 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: Chemical Reaction Engineering (Advanced Topics)	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn, Dr. Oliver Korup
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Real reactors (residence time distribution $E(t)$, $F(t)$-curve, measurement of $E(t)$ or $F(t)$, residence time distribution of ideal reactors, modeling of real reactors, segregated flow model, tanks in series model, dispersion model, compartment models) 2. Heterogeneous catalysis (what is a catalyst, operation principle of a catalyst, volcano plot, homogeneous catalysis, heterogeneous catalysis, biocatalysis, physisorption and chemisorption, turn-over frequency (TOF), Sabatier's principle, Bronstedt-Evans-Polyani-relationship, Adsorption isotherms of single and multi-component systems, kinetic models of heterogeneous catalytic reactions, Langmuir-Hinshelwood kinetics, Eley-Rideal kinetics, power law rate equations, kinetic measurements on heterogeneously catalyzed reactions in the laboratory, microkinetic modeling, catalyst characterization) 3. Diffusion in heterogeneous catalysis (diffusion regimes, Knudsen-diffusion, molecular diffusion, surface diffusion, single-file diffusion, reference systems, Stefan-Maxwell-Equations, Fick's law, pore effectiveness factor, impact of diffusion limitations in heterogeneous catalysis, Damköhler-relation, mass- and energy balance of heterogeneous catalytic reactors) 4. Laboratory measurements in heterogeneous catalysis (temperature, pressure, concentration, mass flow controllers, laboratory reactors, experimental design)
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 Publ. 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: Experimental Course Chemical Engineering (Advanced Topics)	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Execution and evaluation of several experiments in chemical reaction engineering. * Calculation of error propagation and error analysis * Steady state Wicke-Kallenbach measurements of diffusivities in a catalyst pellet * Interaction of reaction and diffusion in a catalyst particle, dissociation of methanol on zinc oxide * Mass transfer in gas/liquid system * Stability of a CSTR (hydrolysis of acetic anhydride)
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 M2002: Waste and Resource Management			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Abfallmanagement (L3261)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Internationale Abfallkonzepte (L3259)	Vorlesung	2	2
Internationale Abfallkonzepte (L3260)	Gruppenübung	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Kerstin Kuchta		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basics in process engineering		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	The students are able to describe waste as a resource as well as advanced technologies for recycling and recovery of resources from waste in detail. This covers collection, transport, treatment and disposal in national and international contexts.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to select suitable processes for the treatment with respect to the national or cultural and developmental context. They can evaluate the ecological impact and the technical effort of different technologies and management systems.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can work together as a team of 2-5 persons, participate in subject-specific and interdisciplinary discussions, develop cooperated solutions and defend their own work results in front of others and promote the scientific development of colleagues. Furthermore, they can give and accept professional constructive criticisms.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students can independently gain additional knowledge of the subject area and apply it in solving the given course tasks and projects.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja 20 %	Schriftliche Ausarbeitung	
Prüfung	Referat		
Prüfungsdauer und -umfang	Vortrag mithilfe von Powerpoint-Folien (10-15 Minuten)		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3261: Waste management	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Rüdiger Siechau
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Introduction into the "Waste Management" consisting of: ◦ Thermal Process (incinerator, RDF combustion) ◦ Biological processes (Wet-/Dryfermentation) ◦ technology, energy, emissions, approval , etc. • Group work ◦ design of systems/plants for energy recovery from waste ◦ The following points are to be processed: ▪ Input: waste (fraction collection and transportation, current quantity, material flows , possible amount of development) ▪ Plant (design, process diagram, technology, energy production) ▪ Output (energy quantity / type, by-products) ▪ Costs and revenues ▪ Climate and resource protection (CO2 balance , substitution of primary raw materials / fossil fuels) ▪ Location and approval (infrastructure , expiration authorization procedure) ▪ Focus at the whole concept (advantages, disadvantages , risks and opportunities , discussion)
Literatur	Einführung in die Abfallwirtschaft; Martin Kranert, Klaus Cord-Landwehr (Hrsg.); Vieweg + Teubner Verlag; 2010 Powerpoint-Folien in Stud IP

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

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

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: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: 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
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
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 M2029: Process Imaging			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Prozessbildgebung (L2723)	Vorlesung	3	3
Prozessbildgebung in der Praxis (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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: 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: Applied Process Imaging	
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

Fachmodule der Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen

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

Lehrveranstaltung L3261: Waste management	
Typ	Projekt-/problemorientierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Rüdiger Siechau
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Introduction into the "Waste Management" consisting of: ◦ Thermal Process (incinerator, RDF combustion) ◦ Biological processes (Wet-/Dryfermentation) ◦ technology, energy, emissions, approval , etc. • Group work ◦ design of systems/plants for energy recovery from waste ◦ The following points are to be processed: ▪ Input: waste (fraction collection and transportation, current quantity, material flows , possible amount of development) ▪ Plant (design, process diagram, technology, energy production) ▪ Output (energy quantity / type, by-products) ▪ Costs and revenues ▪ Climate and resource protection (CO2 balance , substitution of primary raw materials / fossil fuels) ▪ Location and approval (infrastructure , expiration authorization procedure) ▪ Focus at the whole concept (advantages, disadvantages , risks and opportunities , discussion)
Literatur	Einführung in die Abfallwirtschaft; Martin Kranert, Klaus Cord-Landwehr (Hrsg.); Vieweg + Teubner Verlag; 2010 Powerpoint-Folien in Stud IP

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

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

Modul M0895: Advanced Chemical Reaction Engineering			
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	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Content of the bachelor-lecture "basics of chemical reaction engineering".		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> After completion of the module, students are able to: - identify differences between ideal and non-ideal reactors, - infer fundamental differences in kinetic models for catalyzed reactions, - name modelling algorithms for non-ideal reactors. <i>Fertigkeiten</i> After successful completion of the module the students are able to -evaluate properties of non-ideal reactors -compare kinetic models of heterogeneous-catalyzed reactions and develop measuring techniques thereof -choose instruments for temperature, pressure- concentration and mass-flow measurements regarding process conditions -develop a concept for design of experiments Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> The students are able to analyze scientific challenges and elaborate suitable solutions in small groups. Moreover they are able to document these approaches according to scientific guidelines. After successful completion of the lab-course the students have a strong ability to organize themselves in small groups to solve issues in chemical reaction engineering. 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	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	120 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht 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: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L0222: Chemical Reaction Engineering (Advanced Topics)	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Real reactors (residence time distribution $E(t)$, $F(t)$-curve, measurement of $E(t)$ or $F(t)$, residence time distribution of ideal reactors, modeling of real reactors, segregated flow model, tanks in series model, dispersion model, compartment models) 2. Heterogeneous catalysis (what is a catalyst, operation principle of a catalyst, volcano plot, homogeneous catalysis, heterogeneous catalysis, biocatalysis, physisorption and chemisorption, turn-over frequency (TOF), Sabatier's principle, Bronstedt-Evans-Polyani-relationship, Adsorption isotherms of single and multi-component systems, kinetic models of heterogeneous catalytic reactions, Langmuir-Hinshelwood kinetics, Eley-Rideal kinetics, power law rate equations, kinetic measurements on heterogeneously catalyzed reactions in the laboratory, microkinetic modeling, catalyst characterization) 3. Diffusion in heterogeneous catalysis (diffusion regimes, Knudsen-diffusion, molecular diffusion, surface diffusion, single-file diffusion, reference systems, Stefan-Maxwell-Equations, Fick's law, pore effectiveness factor, impact of diffusion limitations in heterogeneous catalysis, Damköhler-relation, mass- and energy balance of heterogeneous catalytic reactors) 4. Laboratory measurements in heterogeneous catalysis (temperature, pressure, concentration, mass flow controllers, laboratory reactors, experimental design)
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 Publ. 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: Chemical Reaction Engineering (Advanced Topics)	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn, Dr. Oliver Korup
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Real reactors (residence time distribution $E(t)$, $F(t)$-curve, measurement of $E(t)$ or $F(t)$, residence time distribution of ideal reactors, modeling of real reactors, segregated flow model, tanks in series model, dispersion model, compartment models) 2. Heterogeneous catalysis (what is a catalyst, operation principle of a catalyst, volcano plot, homogeneous catalysis, heterogeneous catalysis, biocatalysis, physisorption and chemisorption, turn-over frequency (TOF), Sabatier's principle, Bronstedt-Evans-Polyani-relationship, Adsorption isotherms of single and multi-component systems, kinetic models of heterogeneous catalytic reactions, Langmuir-Hinshelwood kinetics, Eley-Rideal kinetics, power law rate equations, kinetic measurements on heterogeneously catalyzed reactions in the laboratory, microkinetic modeling, catalyst characterization) 3. Diffusion in heterogeneous catalysis (diffusion regimes, Knudsen-diffusion, molecular diffusion, surface diffusion, single-file diffusion, reference systems, Stefan-Maxwell-Equations, Fick's law, pore effectiveness factor, impact of diffusion limitations in heterogeneous catalysis, Damköhler-relation, mass- and energy balance of heterogeneous catalytic reactors) 4. Laboratory measurements in heterogeneous catalysis (temperature, pressure, concentration, mass flow controllers, laboratory reactors, experimental design)
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 Publ. 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: Experimental Course Chemical Engineering (Advanced Topics)	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Raimund Horn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Execution and evaluation of several experiments in chemical reaction engineering. * Calculation of error propagation and error analysis * Steady state Wicke-Kallenbach measurements of diffusivities in a catalyst pellet * Interaction of reaction and diffusion in a catalyst particle, dissociation of methanol on zinc oxide * Mass transfer in gas/liquid system * Stability of a CSTR (hydrolysis of acetic anhydride)
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 M2094: Solid Process Engineering and Air Pollution Abatement in Chemical Industry				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie (L2021)		Vorlesung	2	3
Technologie der Luftreinhaltung (L203)		Vorlesung	2	3
Modulverantwortlicher	Dr. Swantje Pietsch-Braune			
Zulassungsvoraussetzungen	None			
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge of process engineering and chemistry Basic knowledge of solids process engineering and separation technology			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
Fachkompetenz	After successful completion of the module students are able to - discuss legal regulations in the area of emissions and air quality - explain the effects of air pollutants on the environment, - name and explain off gas treatment processes and to define their area of application - describe and design processes of solid process engineering that are applied on an industrial scale in the chemical industry - comprehensively capture process steps and create process chains			
<i>Wissen</i>				
<i>Fertigkeiten</i>				
Personale Kompetenzen				
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to - combine processes for cleaning of off-gases depending on the pollutants contained in the gases - design processes of mechanical process engineering on industrial scale			
<i>Selbstständigkeit</i>				
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56			
Leistungspunkte	6			
Studienleistung	Keine			
Prüfung	Klausur			
Prüfungsdauer und -umfang	90 min			
Zuordnung zu folgenden Curricula	Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L2021: Solid Matter Process in Chemical Industry	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Frank Kleine Jäger
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L2023: Air Pollution Abatement	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Swantje Pietsch-Braune
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
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 from flue gases are treated. Industrial applications of these principles are demonstrated with examples showing the removal of specific compounds, e.g. sulfur or mercury from flue gases of incinerators.
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 M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen (L0052)	Vorlesung	2	3
Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie (L2021)	Vorlesung	2	3
Sicherheit chemischer Reaktionen (L1321)	Vorlesung	2	3
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 Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

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: Solid Matter Process in Chemical Industry	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	12 Seiten
Dozenten	Prof. Frank Kleine Jäger
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L1321: Sicherheit chemischer Reaktionen	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, 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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Environmental Engineering: Kernqualifikation: 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 Lüdtkke
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, Wänddicken 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 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 Chemie- und Bioingenieurwesen: 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 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: • tapping 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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Computational Methods and Machine Learning in Engineering: Kernqualifikation: 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 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: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: 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
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
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 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: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht 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 M2029: Process Imaging			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Prozessbildgebung (L2723)		Vorlesung	3 3
Prozessbildgebung in der Praxis (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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: 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: Applied Process Imaging	
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 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 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 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 beispielweise 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 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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Computational Methods and Machine Learning in Engineering: Kernqualifikation: 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 M1777: Introduction to model-based industrial process development for biopharmaceuticals			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Design und Scale-up von belüfteten Bioreaktoren für biopharmazeutische Produkte (L2922)	Seminar	2	3
Einblicke in die biopharmazeutische Produktion (L2921)	Seminar	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	All lectures from the undergraduate studies, especially mathematics, chemistry, thermodynamics, fluid mechanics, heat- and mass transfer, transport processes		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	Students will be able to:		
	- describe and evaluate pharmaceutical processes from a process engineering perspective. - name and use the essential models for process development - describe and evaluate bioreactors for pharmaceutical processes, especially gassed stirred tank reactors. - describe various pharmaceutical processes and contrast their modes of operation and essential characteristics.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students will be able to:		
	- Describe, optimize and design biopharmaceutical processes using models, - Describe, optimize and design gassed stirred reactors as a typical type of apparatus.		
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 "Modeling a process for biopharmaceutical production". The knowledge required for this is acquired by the students themselves, building on the knowledge imparted in the lecture, and they decide which equations and models from the lecture are to be used for implementation. They can organize themselves in a team and assign priorities for subtasks.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	20 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2922: Design and Scale up of aerated bioreactors for biopharmaceutical products	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Jürgen Fitschen, Dr. Thomas Wucherpfennig
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	- Introduction to aerated stirred tank reactors and alternative reactor concepts - Mixing and mass transfer performance (example with M-STAR) - Energy dissipation rates and shear stress - Gas holdup and bubble size distribution - Experimental methods for the characterization of aerated stirred tank reactors - Common design and scale up concepts - Concept of compartments - Design and scale up assisted by Computational Fluid Dynamics
Literatur	

Lehrveranstaltung L2921: Insights into biopharmaceutical production	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Jürgen Fitschen, Dr. Thomas Wucherpfennig
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Introduction to biopharma including biopharmaceutical products (e.g. vaccine) • Biopharma market • Clinical studies • Quality of products • Drug substance process development (cell therapy) • Drug product development • Insilico process development (equipment, process, digital twin) • Scale-up, transfer and production of biopharmaceutical products • Regulatory topics and market authorization • Biopharma lab & production planning • Data, handling, statistics, Experiment Planning (DOE) • Capacity modeling, Software "Bio-G"
Literatur	

Modul M1778: Special Topics on Fluid Mechanics			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Anwendung numerischer Methoden in der Verfahrenstechnik (L2923)	Vorlesung	2	2
Nichtinvasive Messtechniken für Mehrphasenströmungen (L2924)	Vorlesung	2	2
Nichtinvasive Messtechniken für Mehrphasenströmungen (L2925)	Laborpraktikum	2	2
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 will be able to: • apply numerical simulations to concrete flow problems in process engineering. • experimentally analysis of basic parameters in industrial multiphase flows • critically assess how reliably numerical methods work and decide which quantities need to be validated with experimental data. <i>Fertigkeiten</i> Students are able to: • perform numerical simulations in single and multiphase flows especially in technical applications • choose and apply experimental methods in multiphase flows especially in industrial aparatuses 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 "Experimental and numerical analysis of multiphase reactors". The knowledge required for this is acquired by the students themselves, building on the knowledge imparted in the lecture, and they decide which experimental and numerical methods from the lecture and the practical course are to be used for implementation. They can organize themselves in a team and assign priorities for subtasks.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	20 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Computational Methods and Machine Learning in Engineering: Kernqualifikation: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2923: Application of numerical methods in process engineering	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Yan Jin, Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	This lecture introduces a number of significant research topics in fluid mechanics and their up-to-date progresses. Through the lecture, students will learn how to solve real scientific and engineering flow problems using numerical and experimental methods. The lecture helps the students to prepare for their master thesis. The detailed contents include: • Wall bounded flows (channel flows; pipe flows; wall roughness) • Convection in porous media (multiscale physics; flow instabilities) • Flows in turbomachinery (compressor/turbine cascades; wind turbines) • Flows in biological and physiological processes (digestion in stomach; respiratory system) • Interfacial mass transfer of bubbly flows • Comparison between experiments and simulation, experimental validation • Combustion in engines (optional)
Literatur	Numerische Strömungsmechanik, Joel H. Ferziger, Milovan Perić & Robert L. Street, Springer Vieweg, 2020 Strömungsmechanik, Heinz Herwig & Bastian Schmandt, Springer Vieweg, 2015. Fundamentals of Multiphase Flow, Christopher E. Brennen, Cambridge University Press, 2005. OpenFOAM User Guide, version 11, 11th July 2023. OpenFOAM Programmer's Guide, Version 3.0.1, 2015

Lehrveranstaltung L2924: Non invasive measurement techniques for Multiphase Flows	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Felix Kexel
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Flow measurement techniques (Particle Image Velocimetry, Particle Tracking Velocimetry,...) • Concentration measurement techniques (Laser Induced Fluorescence, UV/VIS Imaging, ...) • Measurement of Particle Size Distribution (Bubbles, Droplets, Particles) • Measurement techniques for Microflows • Measurement techniques for Multiphase flows in industrial application
Literatur	Raffel, M.; Willert, C.E.; Wereley, S.T.; Kompenhans, J.: Particle Image Velocimetry, Springer Berlin, Heidelberg (2007), ISBN 978-3-642-43166-1, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-72308-0. Schlüter, M. (2011). Lokale Messverfahren für Mehrphasenströmungen. Chemie Ingenieur Technik. 83. (7), 1084-1095. https://doi.org/10.1002/cite.201100039

Lehrveranstaltung L2925: Non invasive measurement techniques for Multiphase Flows	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Felix Kexel
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Exemplary measurements in the laboratory of the Institute of Multiphase Flows: • Flow measurements(Particle Image Velocimetry, Particle Tracking Velocimetry,...) • Concentration measurements (Laser Induced Fluorescence, UV/VIS Imaging, ...) • Particle Size Distribution measurements (Bubbles, Droplets, Particles) • Measurements in microflows
Literatur	Raffel, M.; Willert, C.E.; Wereley, S.T.; Kompenhans, J.: Particle Image Velocimetry, Springer Berlin, Heidelberg (2007), ISBN 978-3-642-43166-1, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-72308-0. Schlüter, M. (2011). Lokale Messverfahren für Mehrphasenströmungen. Chemie Ingenieur Technik. 83. (7), 1084-1095. https://doi.org/10.1002/cite.201100039

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		<i>Wissen</i> The students are capable to formulate thermodynamic problems and to specify possible solutions. Furthermore, they can describe the current state of research in thermodynamic property predictions. <i>Fertigkeiten</i> The students are capable to apply modern thermodynamic calculation methods to multi-component mixtures and relevant biological systems. They can calculate phase equilibria and partition coefficients by applying equations of state, gE models, and COSMO-RS methods. They can provide a comparison and a critical assessment of these methods with regard to their industrial relevance. The students are capable to use the software COSMOtherm and relevant property tools of ASPEN and to write short programs for the specific calculation of different thermodynamic properties. They can judge and evaluate the results from thermodynamic calculations/predictions for industrial processes. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Students are capable to develop and discuss solutions in small groups; further they can translate these solutions into calculation algorithms. <i>Selbstständigkeit</i> Students can rank the field of “Applied Thermodynamics” within the scientific and social context. They are capable to define research projects within the field of thermodynamic data calculation.		
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 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	Dr. Marvin Scherzinger		
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 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	Dr. Marvin Scherzinger
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 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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Green Energy Technologies: 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 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. Johannes Gescher		
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 Green Energy Technologies: Pflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Green Energy Technologies: Pflicht 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	Dr. Marvin Scherzinger
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	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 M2050: Cellular and Molecular Biotechnology			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Anwendungen von Ganzzell-Biokatalysatoren in der Biotechnologie (L3301)	Seminar	1	1
Fortgeschrittene mikrobielle Genetik (L3302)	Vorlesung	1	1
Herausforderungen für die Gentechnik in der Biotechnologie (L3303)	Seminar	1	1
Mikrobielle Vielfalt in Anwendungen (L3300)	Vorlesung	1	1
Praktikum: Zelluläre und molekulare Biotechnologie (L3304)	Laborpraktikum	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Johannes Gescher		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge in microbiology, molecular biology, and biochemistry. Familiarity with molecular biology methods such as PCR, cloning, and DNA sequencing is required.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Students understand the molecular and cellular basis of biotechnological processes. They know modern genetic engineering methods and their application in industrial biotechnology. They can evaluate microbial diversity in the context of biotechnological applications. <i>Fertigkeiten</i> Students can independently plan and conduct molecular biology and microbiology experiments. They master techniques for genetic manipulation of microorganisms and optimization of whole-cell biocatalysts. They can critically analyze and interpret experimental data. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> Students can work effectively in multidisciplinary teams and present scientific results. They are able to conduct professional discussions and give and receive constructive feedback. <i>Selbstständigkeit</i> Students can independently research and evaluate scientific literature. They are able to develop research questions and plan experiments independently. They can efficiently organize their time and resources in the laboratory.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Referat	Vortrag
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3301: Applications of whole cell biocatalysts in biotechnology	
Typ	Seminar
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3302: Advanced microbial genetics	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3303: Challenges for genetic engineering in biotechnology	
Typ	Seminar
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3300: Microbial Diversity in Applications	
Typ	Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3304: Parctical course: Cellular and molecular biotechnology	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Johannes Gescher
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

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 Beschreibung
	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: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht 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. Daniel Ohde, Dr. Paul Bubenheim
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: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: 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 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 Chemie- und Bioingenieurwesen: 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 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 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	Prof. Anna-Lena Heins, Dr. Lukas Arndt, Dr. Neele Meyer-Heydecke
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	Prof. Anna-Lena Heins, Dr. Lukas Arndt, Dr. Neele Meyer-Heydecke
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			
<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 Energietechnik: Vertiefung Green Energy Technologies: 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 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			
Leistungspunkte			
Studienleistung			
Prüfung			
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 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	Fundamentals of process engineering, in particular reaction engineering, separation technology, process design, process modelling and control		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Students are able to recognise potential for intensified processes and to name the type of intensification.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to design a conceptual design for various intensified processes and evaluate different options against each other.		
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 intensified 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 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 M2004: Sustainable Circular Economy			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS
Circular Economy (L3264)		Seminar	2
Umweltschutz und Nachhaltigkeit (L0319)		Vorlesung	2
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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Maschinenbau - Produktentwicklung und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Maschinenbau - Produktentwicklung und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Maschinenbau - Produktentwicklung und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: 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	The seminar deals with the basic idea as well as with core elements, advantages and challenges of the circular economy using concrete examples. The transition from linear to circular material flows is illustrated using the aspects of product design, reuse, recycling, avoidance (resource conservation) and the sharing economy. The concepts and examples presented are discussed with the students, deepened in group work and then presented.
Literatur	Suitable literature will be announced in the course.

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 M2048: Technischer Ergänzungskurs für Chemie- und Bioingenieurwesen (laut FSPO)			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Penn		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Siehe gewähltes Modul laut FSPO		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Siehe gewähltes Modul laut FSPO		
<i>Fertigkeiten</i>	Siehe gewähltes Modul laut FSPO		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Siehe gewähltes Modul laut FSPO		
<i>Selbstständigkeit</i>	Siehe gewähltes Modul laut FSPO		
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
Leistungspunkte	6		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht		

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	Wissen 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. Fertigkeiten Students are able to analyze tasks in the field of solids process engineering and to combine suitable subprocesses in a process chain. Personale Kompetenzen Sozialkompetenz Students are able to discuss technical problems in a scientific manner. Selbstständigkeit 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 Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Green Energy Technologies: 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 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 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 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 M1970: Process Modelling and Control			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Prozessmodellierung und Prozessführung (L3220)	Vorlesung	2	3
Prozessmodellierung und Prozessführung (L3221)	Gruppenübung	3	3
Modulverantwortlicher	Prof. Mirko Skiborowski		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Engineering fundamentals Unit operations of mechanical and thermal process engineering as well as chemical reaction engineering Conceptual Process Design		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	Students are able to - classify types of process models and model equations - explain numerical methods for simulation - explain the solution system for flow diagram simulation - classify control structures and present process control concepts for different apparatus and complex process engineering systems Students are able to - formulate and implement process control objectives - design and evaluate control strategies and structures - analyze model structure and model parameters from the simulation of processes		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are enabled to acquire knowledge on the basis of further literature		
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 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 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L3220: Process modeling and control	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Process modeling: introduction, mathematical modeling, model building blocks, structured model development, analysis of model equations Process simulation: numeric, validation, flow sheet simulation, solution strategies Process control: process variables, control loops, model-based methods, plant-wide control
Literatur	C. Eck, et al., Mathematische Modellierung, Springer, 2017 W. Luyben, Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers, 1990 H. Schuler, Prozesssimulation, VCH, 1995 H. Schuler, Prozessführung, Oldenburg, 1999

Lehrveranstaltung L3221: Process modeling and control	
Typ	Gruppenübung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Mirko Skiborowski
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

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 Process simulation, in particular the use of flow chart simulators, is strongly recommended		
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, Präsentation 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 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 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 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 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, Dr. Barbara Klippel
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

Modul M2049: Forschungsprojekt Chemie- und Bioingenieurwesen			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Forschungsprojekt Chemie- und Bioingenieurwesen (L3299)	Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
		SWS	12
		LP	12
Modulverantwortlicher	Dozenten des SD V		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Fortgeschrittener Kenntnisstand im Masterstudiengang Chemie- und Bioingenieurwesen		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden kennen aktuelle Forschungsprojekte der Institute in der Vertiefungsrichtung. Sie können die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden nennen, mit denen an diesen gearbeitet wird.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, ein eigenständiges Teilprojekt in aktuell laufenden Forschungsprojekten der Institute in der Vertiefungsrichtung durchzuführen. Studierende können ihre Vorgehensweise zur Lösung einer Aufgabe begründen, aus den gewonnenen 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. Die Studierenden sind in der Lage die gewonnen Erkenntnisse ihrer Arbeit in geeigneter Form wissenschaftlich zu dokumentieren.		
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.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 192, Präsenzstudium 168		
Leistungspunkte	12		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Studienarbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	ca. 6-15 Seiten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L3299: Forschungsprojekt Chemie- und Bioingenieurwesen	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	12
LP	12
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 192, Präsenzstudium 168
Dozenten	Dozenten des SD V
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	In diesem Forschungsprojekt sollen die Studierenden an das eigenständige wissenschaftliche Arbeiten herangeführt werden. Dazu werden aktuelle Forschungsprojekte von den Instituten des Studiendekanats Verfahrenstechnik angeboten und auf deren Homepages veröffentlicht.
Literatur	Die Betreuungspersonen eines jeden Forschungsprojektes stellen die dazu gehörigen Fachliteratur zur Verfügung. Dies ist vor allem Primärliteratur (peer-reviewed journal publications) sowie Fachbücher im jeweiligen Forschungsgebiet.

Modul M2175: 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	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja Keiner	Gruppendiskussion	Gruppendiskussion
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	15 Minuten Vortrag + 90 Minuten Multiple Choice Klausur		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Vertiefung Chemie- und Bioingenieurwesen: Wahlpflicht Chemie- und Bioingenieurwesen: Kernqualifikation: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht Energietechnik: Vertiefung Green Energy Technologies: 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 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	Reports from current research in the subprojects of the DFG research field
Literatur	Publikationen aus dem SFB s. https://www.tuhh.de/sfb1615/publications

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	Introduction, Influences on yield & selectivity of chemical & biochemical reactions, Demands of chemical & biochemical reactions on SMART reactors, Sensing components, Actuating components, Tailoring Multiscale Transport Processes, Modeling and Simulation of Processes in SMART Reactors, Manufacturing and integration of components, Innovative Reactor Concepts, SMART Reactors LabTour
Literatur	Bird, Stewart, Lightfoot, Transport Phenomena Wiley, 2002

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	In this lecture, the fundamentals of the Lattice Boltzmann Method (LBM) will be presented. The students will learn the mechanisms of the LBM, how to set up and conduct a simulation, and how to interpret the results. A focus will lie on the simulation of multiphase flows. For this purpose, models describing both, the breakup and coalescence of bubbles will be examined.
Literatur	The Lattice Boltzmann Method - Principles and Practice, Timm Krüger , Halim Kusumaatmaja , Alexandr Kuzmin , Orest Shardt , Goncalo Silva , Erlend Magnus Viggen, Springer, 2017 The Lattice Boltzmann Equation, Sauro Succi, Oxford University Press, 2018 A literature review of theoretical models for drop and bubble breakup in turbulent dispersions, Yixiang Liao, Dirk Lucas, Chemical Engineering Science, 64, 3389-4306, 2009 A literature review on mechanisms and models for the coalescence process of fluid particles, Yixiang Liao, Dirk Lucas, Chemical Engineering Science, 65, 2851-2864, 2010 Hinze, J.O. Fundamentals of the hydrodynamic mechanism of splitting in dispersion processes. AIChE Journal, 1(3):289-295, 1955. ISSN 0001-1541, 1547-5905

Modul M2205: Fluid Dynamics to Face Climate Change			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Fluid Dynamics to Face Climate Change (L3534)	Seminar	2	2
Fluid Mechanics to Face Climate Change I (L3535)	Vorlesung	2	2
Fluid Mechanics to Face Climate Change II (L3537)	Vorlesung	2	2
Modulverantwortlicher	Prof. Michael Schlüter		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	- Mathematics I-III - Fundamentals in Fluid Mechanics - Technical Thermodynamics I-II - Heat- and Mass Transfer		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<i>Wissen</i> Students can describe various applications of fluid mechanics in chemical and bioprocess engineering. They can assign the fundamentals of fluid mechanics to the various applications and adapt them for specific calculations. Students can assess which fluid mechanics problems can be calculated using analytical solutions and which alternative options are available (e.g. self-similarity using the example of free jets, empirical solutions using the example of the Forchheimer equation, numerical methods using the example of large eddy simulation). <i>Fertigkeiten</i> Students are able to apply the fundamentals of fluid mechanics to processes in nature and technology. In particular, they can establish momentum and mass balances in order to optimise technical processes in terms of fluid dynamics. They can recognise the connections between fluid mechanics aspects in technical processes and climate change and develop possible solutions. They are able to translate a verbally described connection into abstract formalism. Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> The students are able to discuss a given problem in small groups and to develop an approach. They are able to solve a problem within a team, to prepare a poster with the results and to present the poster. <i>Selbstständigkeit</i> Students are able to define independently tasks for problems related to fluid mechanics. They are able to work out the knowledge that is necessary to solve the problem by themselves on the basis of the existing knowledge from the lecture.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	Erstellung eines Kurzberichtes (mind. 10 Seiten), Präsentation am Poster (5 Minuten), Diskussion (10 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 Energietechnik: 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 Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L3534: Fluid Dynamics to Face Climate Change	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter, Dr. Robinson Peric
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Fluid Dynamics to Face Climate Change' is a seminar that revisits the basic principles of fluid mechanics and places them in the context of urgent climate-related challenges. It introduces potential flow theory and demonstrates its application to ocean wave energy systems. The course covers the fundamentals of turbulence and turbulence modelling using examples from sustainable industrial processes and flow phenomena in nature. Free convection is explained using basic principles and linked to technical and natural systems that are of immediate relevance to climate change. Other topics include the flow dynamics of wind and hydro turbines, refrigerants in heat pumps, pipelines for natural gas transport, and flows through porous media in technical applications and in nature, e.g. for carbon capture and storage (CCS). The lecture concludes with an introduction to computational fluid dynamics (CFD) as an important tool for the analysis and design of sustainable energy and climate technologies.
Literatur	• Ward-Smith, J. (2012). Mechanics of Fluids (9th ed.). London: CRC Press/Taylor & Francis. • Darby, R., & Chhabra, R. P. (2016). Chemical Engineering Fluid Mechanics (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press. • Ferziger, J. H., Perić, M., & Street, R. L. (2020). Computational Methods for Fluid Dynamics (4th ed.). Cham: Springer Nature Switzerland. • White, F. M., & Xue, H. (2021). Fluid Mechanics (9th ed.). McGraw-Hill Education. ISBN-13: 978-1260446555 • Herwig, H. (2016). Fluid Mechanics: Introduction to the Physics of Technical Flows. Berlin, Heidelberg: Springer. • Ward-Smith, J. (2012). Mechanics of Fluids (9th ed.). London: CRC Press/Taylor & Francis. • Computing the Climate: How We Know What We Know About Climate Change; Steve M. Easterbrook, Cambridge University Press (ISBN-978-1-107-58992-6 oder 978-1-107-13348-8).

Lehrveranstaltung L3535: Fluid Mechanics to Face Climate Change I	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Schlüter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Application of fluid mechanics, potential theory and turbulence modelling to climate topics. • Flows in heat pumps, efficient industrial processes and carbon capture and storage (CCS). • Free convection and flows in porous media. • Introduction to CFD for the development of sustainable climate solutions.
Literatur	• Ward-Smith, J. (2012). Mechanics of Fluids (9th ed.). London: CRC Press/Taylor & Francis. • Darby, R., & Chhabra, R. P. (2016). Chemical Engineering Fluid Mechanics (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press. • Ferziger, J. H., Perić, M., & Street, R. L. (2020). Computational Methods for Fluid Dynamics (4th ed.). Cham: Springer Nature Switzerland. • White, F. M., & Xue, H. (2021). Fluid Mechanics (9th ed.). McGraw-Hill Education. ISBN-13: 978-1260446555 • Herwig, H. (2016). Fluid Mechanics: Introduction to the Physics of Technical Flows. Berlin, Heidelberg: Springer. • Ward-Smith, J. (2012). Mechanics of Fluids (9th ed.). London: CRC Press/Taylor & Francis. • Computing the Climate: How We Know What We Know About Climate Change; Steve M. Easterbrook, Cambridge University Press (ISBN-978-1-107-58992-6 oder 978-1-107-13348-8).

Lehrveranstaltung L3537: Fluid Mechanics to Face Climate Change II	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Moustafa Abdel-Maksoud, Dr. Robinson Peric
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

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 abzuarbeiten. - 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 Methods and Machine Learning in Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Computer Science: Abschlussarbeit: Pflicht Data Science: Abschlussarbeit: Pflicht Electrical Engineering and Information Technology: 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
Mechanical Engineering and Management: Abschlussarbeit: Pflicht
Mechatronics: Abschlussarbeit: Pflicht
Mediziningenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht
Microelectronics and Microsystems: Abschlussarbeit: Pflicht
Naval Architecture and Ocean Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht
Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Abschlussarbeit: Pflicht
Regenerative Energien: Abschlussarbeit: Pflicht
Schiffbau und Meerestechnik: Abschlussarbeit: Pflicht
Ship and Offshore Technology: Abschlussarbeit: Pflicht
Theoretischer Maschinenbau: Abschlussarbeit: Pflicht
Verfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht
Wasser- und Umweltingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht
Zulassungs- und Sachverständigenwesen in der Luftfahrt: Abschlussarbeit: Pflicht