

Modulhandbuch

für den Studiengang

Master of Science Chemical

Engineering - Nachhaltige

Chemische Technologien

(Prüfungsordnungsversion: 20152)

Inhaltsverzeichnis

Vertiefung A.....	
Praktikum Nachhaltige Chemische Technologien.....	6
Vertiefungsmodul Nachhaltige Chemische Technologien.....	7
Wahlpflichtmodule Nachhaltige Chemische Technologien.....	
Advanced electrochemistry - from fundamentals to applications.....	10
Chemische Energiespeicherung.....	13
Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen.....	15
Fuel cells and electrolyzers.....	17
Membranverfahren.....	19
Process simulation.....	21
Umweltverfahrenstechnik.....	23
Vertiefungsmodulgruppe Chemische Reaktionstechnik.....	
Vertiefung Reaktionstechnik.....	26
Wahlpflichtmodule Chemische Reaktionstechnik.....	
Adsorption: Fundamentals and Applications.....	29
Advanced electrochemistry - from fundamentals to applications.....	31
Fuel cells and electrolyzers.....	34
Polymer Science and Processing.....	36
Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization.....	38
Process simulation.....	40
Self-organisation processes.....	42
Trocknungstechnik.....	44
Wahlpflichtmodule Prozessmaschinen und Apparatechnik.....	
Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe).....	47
Maschinenakustik.....	50
Reinraumtechnik.....	52
Rheologie / Rheometrie.....	54
Strömungsakustik.....	57
Turbomaschinen.....	59
Turboverdichter.....	60
Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik.....	
Technische Thermodynamik II.....	63
Wahlpflichtmodule Technische Thermodynamik.....	
Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe).....	66
Clean combustion technology.....	69
Messmethoden der Thermodynamik.....	71
Optical diagnostics in energy and process engineering.....	73
Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik.....	75
Transportprozesse.....	79
Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik.....	80
Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik.....	
Strömungsmechanik II.....	83
Wahlpflichtmodule Strömungsmechanik.....	
Angewandte Thermofluiddynamik.....	86
Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe).....	88
Digitale Bildverarbeitung.....	91
Experimental fluid mechanics.....	93
Fluid-Feststoff-Strömungen.....	95

Numerische Methoden der Thermofluiddynamik I.....	97
Numerische Methoden der Thermofluiddynamik II.....	99
Partikelbasierte Strömungsmechanik.....	101
Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung I.....	103
Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung II.....	104
Rheologie / Rheometrie.....	106
Strömungsakustik.....	109
Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik.....	
Mechanische Verfahrenstechnik II.....	112
Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik.....	
Fluid-Feststoff-Strömungen.....	115
Industrielles Produkt-Design.....	117
Modellbildung in der Partikeltechnik.....	118
Nanotechnology of Disperse Systems.....	119
Polymer Science and Processing.....	122
Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization.....	124
Produktanalyse.....	126
Reinraumtechnik.....	128
Rheologie / Rheometrie.....	130
Self-organisation processes.....	133
Trocknungstechnik.....	135
Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik.....	
Thermische Verfahrenstechnik II.....	138
Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik.....	
Adsorption: Fundamentals and Applications.....	140
Chemische Energiespeicherung.....	142
Hochdrucktrenntechnik.....	144
Membranverfahren.....	146
Messmethoden der Thermodynamik.....	148
Optical diagnostics in energy and process engineering.....	150
Phasengleichgewichte.....	152
Technische Chromatographie.....	154
Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik.....	156
Vertiefungsmodulgruppe Energieverfahrenstechnik.....	
Energieverfahrenstechnik.....	161
Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik.....	
Advanced electrochemistry - from fundamentals to applications.....	163
Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe).....	166
Clean combustion technology.....	169
Digitalisierung in der Energietechnik.....	171
Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen.....	173
Energiewirtschaft und Umweltrecht.....	175
Fuel cells and electrolyzers.....	177
Regenerative Energien - Erzeugung, Integration, Speicherung.....	179
Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik.....	181
Transportprozesse.....	185
Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik.....	186
Vertiefungsmodulgruppe Simulation granularer und molekularer Systeme.....	
Simulation granularer und molekularer Systeme.....	189
Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme.....	

Digitale Bildverarbeitung.....	192
Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING).....	194
Modellbildung in der Partikeltechnik.....	196
Numerische Methoden der Thermofluiddynamik I.....	197
Numerische Methoden der Thermofluiddynamik II.....	199
Partikelbasierte Strömungsmechanik.....	201
Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung I.....	203
Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung II.....	204
Process simulation.....	206
Scannen und Drucken in 3D.....	208
Self-organisation processes.....	210
Transportprozesse.....	212
Vertiefungsmodulgruppe Chemische Reaktionstechnik.....	
Praktikum Chemische Reaktionstechnik.....	214
Vertiefung Reaktionstechnik.....	216
Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik.....	
Praktikum Technische Thermodynamik.....	219
Technische Thermodynamik II.....	221
Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik.....	
Praktikum Strömungsmechanik.....	224
Strömungsmechanik II.....	226
Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik.....	
Mechanische Verfahrenstechnik II.....	229
Praktikum Mechanische Verfahrenstechnik.....	231
Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik.....	
Praktikum Thermische Verfahrenstechnik.....	233
Thermische Verfahrenstechnik II.....	235
Industriepraktikum (M.Sc. Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152).....	236
Masterarbeit (M.Sc. Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152).....	238
Projektierungskurs.....	240

Vertiefung A

1	Modulbezeichnung 1720	Praktikum Nachhaltige Chemische Technologien (Laboratory course: Sustainable chemical technologies)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Praktikum Nachhaltige Chemische Technologien (Vertiefung CEN) (5 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Martin Hartmann	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Martin Hartmann	
5	Inhalt	<p>Anhand von ausgewählten Prozessbeispielen werden verschiedene Konzepte zur Beurteilung der Nachhaltigkeit angewendet.</p> <p>Die Studierenden erarbeiten in Kleingruppen verschiedene Synthesewege zur nachhaltigen Produktion einer organischen Verbindung im Vergleich zum etablierten Verfahren. Der Vergleich erfolgt im Hinblick auf Material- und Energieflüsse sowie der auftretenden Abfallströme.</p> <p>Abschließend werden eine Kostenanalyse sowie ein Life Cycle Inventory durchgeführt.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können verschiedene Syntheserouten auf Basis der (Patent-)literatur für die Herstellung eines Zielproduktes selbständig erarbeiten • wenden Material- und Energiebilanzen, sowie Grundlagen der Kostenanalyse und des LCI/LCA auf ausgewählte Beispiele an • sind befähigt zur selbstständigen Vorstellung und Diskussion der bearbeiteten Projekte und ihrer Ergebnisse 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefung A Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen		
11	Berechnung der Modulnote		
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	

1	Modulbezeichnung 1710	Vertiefungsmodul Nachhaltige Chemische Technologien (Specialization module: Sustainable chemical technologies)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Nachhaltige Chemische Technologien (Vertiefung CEN) (3 SWS) Übung: Übung zu Nachhaltige Chemische Technologien (Vertiefung CEN) (1 SWS)	- -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Alexandra Inayat Prof. Dr. Martin Hartmann	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Martin Hartmann
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltigkeitsbegriff • Nachhaltigkeitsbewertung und Ökobilanz • Diskussion "nachhaltiger" Produkte • Grüne Chemie • Prozessintensivierung • Energie • Abfall und Recycling • EcoManagement und Umweltgesetzgebung
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über die Sachkompetenz zur Beurteilung von chemischen Prozessen im Hinblick auf die verschiedenen Aspekte der Nachhaltigkeit • kennen die Grundlagen und Erfordernisse einer Nachhaltigkeitsbilanz und sind nach Teilnahme am NCT-V-Praktikum in der Lage, eine Ökobilanz selbstständig durchzuführen • verstehen die Bedeutung der Rohstoffquellen sowie der Energie- und Abfallströme großtechnischer Prozesse für die Beurteilung der Nachhaltigkeit • diskutieren und beurteilen alternative Prozesskonzepte zur nachhaltigen Produktion von Grund- und Feinchemikalien • kennen die Grundlagen des nachhaltigen Produktdesigns sowie nachhaltigerer Geschäftsmodelle
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefung A Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h

14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	Vorlesungsunterlagen

Wahlpflichtmodule Nachhaltige Chemische Technologien

1	Modulbezeichnung 48391	Advanced electrochemistry - from fundamentals to applications (Advanced electrochemistry - From fundamentals to applications)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Tutorial Advanced electrochemistry from fundamentals to applications (1 SWS) Vorlesung: Advanced electrochemistry from fundamentals to applications (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Dr. Serhiy Cherevko Prof. Dr. Karl Mayrhofer	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Karl Mayrhofer	
5	Inhalt	<p>The module advanced electrochemistry provides a fundamental insight into</p> <p>electrochemical systems and discuss advanced electrochemical methods. Based on this knowledge,</p> <p>students will be able to understand electrochemical problems, suggest methods to solve them and</p> <p>understand the background of many practical electrochemical systems and applications, required for the</p> <p>understanding of electrochemical reactor technology. They will also get an insight into the fundamental</p> <p>research problems of modern electrochemistry.</p> <p>Practical electrochemical systems will be discussed that are either already of great</p> <p>economic importance or will become crucial in future applications. Students</p> <p>will gain knowledge on the most relevant applied electrochemical research topics, will have a clear view</p> <p>on the versatility of electrochemical devices and have an understanding of electrochemistry based</p> <p>energy systems and their potential. Several technologies of importance in energy conversion systems</p> <p>and the production of added-value chemicals like electrolysers, fuel cells, flow batteries,</p> <p>supercapacitors, chloralkali process, organic electrosynthesis, aluminum production, but also corrosion,</p>	

		<p>metal deposition, electroanalysis, electrochemical sensors, lithography galvoforming, semiconductors,</p> <p>information storage, bioelectrochemistry, photoelectrochemistry, conducting polymers, will be</p> <p>discussed.</p> <p>Setup of the module:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electrochemical thermodynamics (5 lectures) introduction (scope and role of electrochemistry, short history), electrochemical potentials, Nernst-equation, electrodes, conductance, transference number, mobility, solvation of ions, the Born-equation, Debye-Hückel theory, junction potentials, ion selective electrodes (concept of pH, the glass electrode, other ion selective electrodes), transport phenomena, electrified interfaces: double layer theories, adsorption (adsorption isotherms), surface excesses, electrocapillary equation, electrokinetic properties • Electrochemical kinetics (3 lectures) Tafel-equation, Butler-Volmer equation, theories of electron transfer, transition state theory, introduction to electrocatalysis (single crystals), rate-coverage relations • Electrochemical methods (7 lectures) electrochemical cells/ reactors, electrochemical instrumentation, potential step methods, potential sweep methods, galvanostatic methods, stripping analysis, hydrodynamic methods (RDE, RRDE), impedance (1 lecture), scanning techniques (electrochemical STM, SECM, SFC, AFM), electrochemistry coupled with spectroscopic techniques (in situ spectroelectrochemical techniques: UV-VIS, IR, X-ray, Raman etc), mass spectrometry, EQCM etc; intro to the second semester courses
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the thermodynamic and kinetic fundamentals of electrochemical processes • know of modern electrochemical methods and their application • critically read electrochemical literature • understand the principles of various electrochemical technologies • discuss electrochemical energy conversion approaches and their future potential • critically assess the current issues of implementation • understand the importance of electrochemical technologies in various fields
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Electrochemical methods: fundamentals and applications by A. J. Bard, L. R. Faulkner, 2nd ed., Wiley, 2000 • Elektrochemie by C. H. Hamann, W. Vielstich, 4th ed., Wiley, 2005 • Electrochemistry Principles, Methods, and Applications by C. M. A. Brett und A. M. O. Brett. Oxford University Press, 1993 • Electrode kinetics for chemists, chemical engineers, and materials scientists by E. Gileadi, Wiley-VCH, 1993 • Industrial Electrochemistry by D. Pletcher, F.C. Walsh, 2nd ed., Springer, 1990 • Electrochemical Engineering: Science and Technology in Chemical and Other Industries by H. Wendt, G. Kreysa, Springer, 2013 • Fundamentals of Electrochemistry by V. S. Bagotsky, 2nd ed., Wiley, 2005

1	Modulbezeichnung 47810	Chemische Energiespeicherung (Energy storage chemical)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Chemische Energiespeicherung (2 SWS) Übung: Übung zur Chemischen Energiespeicherung (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Detlef Freitag Peter Leicht Jakob Söllner	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Detlef Freitag	
5	Inhalt	<p>Inhaltliche Schwerpunktthemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamische Grundlagen chemischer Energiespeicherung • Überblick über Energiespeichertechnologien (auch nicht chemisch) • Biogene Energieträger • Elektrochemische Grundlagen und Anwendungen für elektrochemische Energiespeicherung • Wasserstoffspeichertechnologien (Kompression, Verflüssigung, Adsorption) • Wasserstoffspeicherung durch chemische Bindung an Trägerstoff • Energiespeicherung durch Erzeugung von Brennstoffen • Wärmespeicherung 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über vertiefte Fach- und Methodenkompetenzen im Bereich der chemischen Energiespeicherung • sind mit den neusten Entwicklungen auf dem Gebiet der chemischen Energiespeicherung vertraut • können unterschiedliche Energiespeicher- und Energietransportkonzepte im Sinne einer Prozesskettenanalyse und unter Betrachtung der verfahrenstechnischen Aspekte miteinander vergleichen und bewerten • sind zur Beurteilung und Diskussion thermodynamischer und kinetischer Aspekte chemischer Energiespeicherkonzepte befähigt • sind in der Lage Potentiale, Energiedichten und Wirkungsgrade neuer Speichertechnologien und ansätze zu ermitteln • sind mit der interdisziplinären Arbeitsweise an der Schnittstelle von Ingenieurwissenschaften und Chemie vertraut • sind zum Einstieg in die industrielle Forschung und Entwicklung auf einem der aktuellsten Themengebieten im Bereich der "Energiewende" befähigt 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	

8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Huggins, R.A., Energy Storage, Springer, 2010

1	Modulbezeichnung 47770	Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen (Energetic use of biomass and waste)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen (2 SWS) Übung: Seminar zur Energetischen Nutzung von Biomasse und Reststoffen (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl Johannes Lukas	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls werden die Möglichkeiten und Rahmenbedingungen für die energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen behandelt. Zuerst werden Konzepte zur Nutzung biogener Stoffe und zur Entsorgung von Reststoffen vorgestellt. Neben konventionellen Nutzungskonzepten für die Wärme- und Stromerzeugung werden auch innovative Konzepte wie Vergärung, Pyrolyse und Vergasung, die Herstellung von Treibstoffen und die Anwendung neuer Technologien wie Brennstoffzelle, ORC-Prozess und Stirlingmotor behandelt:</p> <p>Teil 1 - Einführung</p> <p>Teil 2 - Wärmeerzeugung aus biogenen Brennstoffen</p> <p>Teil 3 - Stromerzeugung mit Verbrennungsanlagen</p> <p>Teil 4 - Stromerzeugung mit Vergärung</p> <p>Teil 5 - Stromerzeugung mit thermischer Vergasung</p> <p>Im weiteren Verlauf des Moduls werden die verfahrenstechnischen Grundlagen dieser Konzepte behandelt. Dabei stehen vor allem technologische Probleme bei Verbrennung und Vergasung verschiedenster Brennstoffe und die Brennstofflogistik im Vordergrund:</p> <p>Teil 6 - Verbrennung von Biomasse</p> <p>Teil 7 - Vergasung von Biomasse</p> <p>Teil 8 - Herstellung von Treibstoffen aus Biomasse</p> <p>Parallel dazu werden die Planung und die Wirtschaftlichkeit von Anlagen für die Nutzung von Biomasse thematisiert. Das Ziel ist die Durchführung und Präsentation einer Vorstudie (Grundlagenermittlung und Vorstudie) für ein selbst gewähltes Beispiel.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden	

		<ul style="list-style-type: none"> • analysieren und bewerten aktuelle Technologien und Konzepte zur Nutzung von Biomasse • wenden die Grundlagen zur Planung von Biomasseversorgungsanlagen an • präsentieren überzeugend die Planungsergebnisse und regen die Zuhörer zur Diskussion an
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Karl, Dezentrale Energiesysteme, Oldenbourg Verlag Kaltschmitt, Energie aus Biomasse, Springer Verlag

1	Modulbezeichnung 42918	Fuel cells and electrolyzers (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Fuel cells and electrolyzers (2 SWS) Übung: Fuel cells and electrolyzers (Exercises) (3 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Simon Thiele	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Simon Thiele	
5	Inhalt	Fuel cell (FC) and electrolysis cell (ECs) <ul style="list-style-type: none"> • Application areas • Thermodynamic boundary conditions • Electrochemical basics • Kinetics • Transport processes • State of the art • Characterisation techniques • Open questions and scientific challenges 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students <ul style="list-style-type: none"> • are able to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry • understand kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions • apply basic knowledge in thermodynamics and general chemistry • are familiar with basic concepts of electrochemical engineering for fuel cells and electrolyzers • can describe thermodynamics, kinetic effects and electrochemical foundations • understand limitations such as kinetic, ohmic or mass transport limitations • have a solid knowledge on the state of the art • know how to experimentally characterize cells • are able to deduce methods to improve cell technologies by analyzing experimental data 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	To succeed in this course, students will need to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry. Understanding of kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions should be familiar from physical chemistry classes. Basic knowledge in thermodynamics and general chemistry is beneficial.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	

11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • O'hayre, Ryan; Cha, Suk-Won • Prinz, Fritz B. • Colella, Whitney (2016): Fuel cell fundamentals: John Wiley & Sons.

1	Modulbezeichnung 45081	Membranverfahren (Membrane processes)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (1 SWS) Vorlesung: Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit
5	Inhalt	<p>Membranverfahren finden vielfältige Anwendung in der chemischen, biotechnologischen und medizinischen Technik, wie z.B. in der Meerwasserentsalzung und Abwasseraufbereitung, für die Trennung organischer Stoffgemische und Produktion von Spezialchemikalien, bei der Aufbereitung von Gemischen aus biotechnologischen Produktionen oder der therapeutischen Blutreinigung.</p> <p>Membranverfahren zeichnen sich dabei durch hohe Leistungsfähigkeit, Selektivität und Zuverlässigkeit aus. Daneben sind sie in hohem Maße "kompatibel" zu anderen Trenn- und Reaktionsprozessen, so dass sie gezielt zu deren Intensivierung in hybriden und reaktiven Trennverfahren eingesetzt werden können.</p> <p>In Rahmen des Moduls werden die technisch relevanten Membrantrennverfahren Umkehrosmose, Nanofiltration, Ultrafiltration, Mikrofiltration, Dialyse, Pervaporation, Gas-Trennung und Elektrodialyse behandelt sowie neuere Entwicklungen vorgestellt. Die Membranverfahren werden ausgehend von ihren physikalisch-chemischen Grundlagen bis hin zur Auslegung technischer Prozesslösungen besprochen, sowie technisch bereits realisierte Verfahren analysiert. Neben typischen Anwendungen wie z.B. der Wasseraufbereitung werden vorwiegend technische Membranverfahren für chemische und biotechnologische Anwendungen vorgestellt. Es wird dabei die Fähigkeit vermittelt, für gegebene Problemstellungen geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, optimierte Prozessparameter für verschiedene Apparate und Stoffsysteme abzuleiten, sowie eine Bewertung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit vorzunehmen.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Mikrofiltration 3. Ultrafiltration 4. Nanofiltration 5. Umkehrosmose

		<p>6. Dialyse und künstliche Niere</p> <p>7. Pervaporation</p> <p>8. Gaspermeation</p> <p>9. Elektrodialyse</p> <p>10. Donnan-Dialyse</p> <p>11. Aktuelle Forschungsgebiete</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten Membranverfahren und ihre Anwendungsgebiete, • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen und Prozess-Performance, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen, • sind in der Lage, geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und ihre Wirtschaftlichkeit zu bewerten.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundkenntnisse in thermischen Trennverfahren, Bioseparations oder Downstream Processing
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>Weiterführende Literatur bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • R.W. Baker, Membrane Technology and Applications, Wiley, 2004 (besonders empfohlen) • T. Melin, R. Rautenbach, Membranverfahren - Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, Springer, 2007

1	Modulbezeichnung 42915	Process simulation (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Process Simulation (ProSim) (2 SWS) Übung: Process Simulation Exercises (1 SWS) Tutorium: Process Simulation Tutorial (1 SWS)	5 ECTS - -
3	Lehrende	Dr. Peter Schulz Patrick Preuster	

4	Modulverantwortliche/r	Patrick Preuster	
5	Inhalt	<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to industrial process development • Aspects of process intensification • Introduction to the Aspen Plus simulator for process simulation • Equipment modeling: chem. reactors (detailed), separators, heat exchangers, mixers, pumps, compressors • recirculation, separation sequences, interconnection to the overall process • Short-cut methods for single apparatuses and for process synthesis • Flow sheet simulation of selected sample processes in Aspen Plus • Heat integration (pinch analysis) • Economic feasibility studies: Cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the systematic approach to conceptual process design • are familiar with the individual steps of modeling chemical reactors, separators, heat exchangers, mixers, pumps and compressors • are able to independently carry out the modeling and simulation of chemical engineering processes using industry-relevant commercial simulation tools (in particular Aspen Plus) • are able to practically apply and expand their basic knowledge of reaction engineering and thermal process engineering in the simulation of process engineering processes • are able to classify different models of basic operations and assess the scope of application • are capable of comparing different process variants • are able to apply the acquired knowledge practically on the basis of selected examples, taking into account economic aspects (cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality) 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nicht in diesem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Bearns, Behr, Brehm, Gmehling, Hofmann, Onken, Renken: Technische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 2006. • Biegler, Grossmann, Westerberg: Systematic Methods of Chemical Process

1	Modulbezeichnung 94310	Umweltverfahrenstechnik (Environmental process engineering)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Umweltverfahrenstechnik (2 SWS) Übung: Übung zur Umweltverfahrenstechnik (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Detlef Freitag Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert Dr.-Ing. Christian Lübbert Markus Terlinden	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Matthias Thommes	
5	Inhalt	Gesetzliche Grundlagen, Partikelabtrennung (Zyklon, Filter, Wäscher), Partikelmesstechnik, Gasförmige Schadstoffe: Zusammensetzung und Entfernung, Absorption, Adsorption, Ionenaustausch, Membranverfahren, reaktive Verfahren (Verbrennung), Kraftwerksabgase, Wasserreinigung: Art der Verunreinigungen, Grenzwerte, Abtrennung (Adsorptions- und Membranverfahren)	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen gesetzliche Grundlagen des Umweltschutzes • kennen gängige Verfahren der Abtrennung gasförmiger und fester Schadstoffe • verstehen die thermodynamischen und mechanistischen Grundlagen der Verfahren • können für gegebene Probleme passende Verfahren auswählen und anwenden • kennen Apparate für die Trennverfahren • können diese Apparate dimensionieren • kennen reaktive Verfahren zur Schadstoffminderung und zugehörige Apparate • bewerten die Verfahren und Apparate bezüglich Energieeffizienz und Prozessintegration • kennen Messverfahren für partikuläre Verunreinigungen • können diese Messverfahren bezüglich Anwendungsgrenzen und möglicher Analysenfehler bewerten 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Nachhaltige Chemische Technologien Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel (120 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

Vertiefungsmodulgruppe Chemische Reaktionstechnik

1	Modulbezeichnung 94391	Vertiefung Reaktionstechnik (Focus Module: Chemical Reaction Engineering)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Reaktionstechnik / Chemical Reaction Engineering CBI (3 SWS) Übung: Reaktionstechnik, Übungen / Exercices Chemical Reaction Engineering CBI (1 SWS) Tutorium: Reaktionstechnik, Tutorium / Tutorial Chemical Reaction Engineering (1 SWS)	7,5 ECTS - -
3	Lehrende	PD Dr. Marco Haumann Patrick Schühle Patrick Wolf Manfred Aubermann Dominik Kraus Miriam Willer Domenic Strauch Vera Haagen Philipp Rothgängel	

4	Modulverantwortliche/r	PD Dr. Marco Haumann
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Fluid/Fluid - Reaktionen • Gas/Feststoff - Reaktionen • Beschreibung unterschiedlicher chemischer Reaktionsapparate • Ideale und reale Reaktoren • Reaktionsführung bei unterschiedlichen Reaktionstypen • Wirbelschicht- und Fluid/Fluid - Reaktoren
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über die Sachkompetenz zur theoretischen Behandlung und praktischen Erarbeitung von Problemen der Technischen Chemie und der Entwicklung chemischer Verfahren. • sind in der Lage, kinetische Daten selbständig zu messen, auszuwerten und zu interpretieren. • können anhand selbständig gemessener Werte Transportvorgänge nachvollziehen und chemische Reaktoren für verschiedene Anwendungsfälle fehlerfrei auslegen. • sind befähigt zu selbständiger Bearbeitung und Diskussion aktueller Forschungsfragen auf dem Gebiet moderner katalytischer Materialien (ionische Flüssigkeiten, Beschichtungen, hierarchische Materialien).
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Chemische Reaktionstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)

11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Fitzer, Fritz, Emig, Einführung in die Chemische Reaktionstechnik, Springer Verlag, 4. Auflage, Berlin 1995 (Hörerschein am Lehrstuhl erhältlich) • Baerns, Hofmann, Renken, Chemische Reaktionstechnik, Thieme Verlag, Stuttgart. (Hörerschein am Lehrstuhl erhältlich) • Jess, Wasserscheid, Chemical Technology, 1. Auflage, Weinheim 2013 Wiley-VCH

Wahlpflichtmodule

Chemische Reaktionstechnik

1	Modulbezeichnung 45035	Adsorption: Fundamentals and Applications (Adsorption: Fundamentals and applications)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Adsorption: Fundamentals and Applications (0 SWS) Vorlesung: Adsorption: Fundamentals and Applications (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Carola Schlumberger Dr. Carlos Cuadrado Collados Prof. Dr. Matthias Thommes	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Matthias Thommes	
5	Inhalt	<p>1. Introduction and terminology</p> <p>2. Gas adsorptions basics and adsorbent materials</p> <p>3. Physisorption mechanisms</p> <p>4. Surface area determination</p> <p>5. Porosity and pore structure analysis of nanoporous materials</p> <p>5.1 Micropore analysis</p> <p>5.2 Mesopore analysis</p> <p>5.3 Macropore analysis : adsorption and liquid intrusion methods</p> <p>5.4. Characterization of hierarchically structured porous materials</p> <p>6. High pressure adsorption</p> <p>7. Surface chemistry effects on adsorption</p> <p>8. Adsorption and characterization in the liquid phase</p> <p>9. Adsorption of mixtures</p> <p>10. Adsorption applications in gas storage and separation</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students will</p> <p>achieve a deep understanding of the underlying mechanisms for the adsorption of fluids on powders and nanoporous materials</p> <p>know adsorption-based and complimentary techniques/methodologies for a reliable characterization of adsorbents for applications in separation, heterogeneous catalysis etc.</p>	

		<p>understand the basics of high pressure adsorption and corresponding applications in gas storage</p> <p>know selected, important principles of adsorption-based separation processes</p>
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 48391	Advanced electrochemistry - from fundamentals to applications (Advanced electrochemistry - From fundamentals to applications)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Tutorial Advanced electrochemistry from fundamentals to applications (1 SWS) Vorlesung: Advanced electrochemistry from fundamentals to applications (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Dr. Serhiy Cherevko Prof. Dr. Karl Mayrhofer	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Karl Mayrhofer	
5	Inhalt	<p>The module advanced electrochemistry provides a fundamental insight into</p> <p>electrochemical systems and discuss advanced electrochemical methods. Based on this knowledge,</p> <p>students will be able to understand electrochemical problems, suggest methods to solve them and</p> <p>understand the background of many practical electrochemical systems and applications, required for the</p> <p>understanding of electrochemical reactor technology. They will also get an insight into the fundamental</p> <p>research problems of modern electrochemistry.</p> <p>Practical electrochemical systems will be discussed that are either already of great</p> <p>economic importance or will become crucial in future applications. Students</p> <p>will gain knowledge on the most relevant applied electrochemical research topics, will have a clear view</p> <p>on the versatility of electrochemical devices and have an understanding of electrochemistry based</p> <p>energy systems and their potential. Several technologies of importance in energy conversion systems</p> <p>and the production of added-value chemicals like electrolysers, fuel cells, flow batteries,</p> <p>supercapacitors, chloralkali process, organic electrosynthesis, aluminum production, but also corrosion,</p>	

		<p>metal deposition, electroanalysis, electrochemical sensors, lithography galvanofforming, semiconductors,</p> <p>information storage, bioelectrochemistry, photoelectrochemistry, conducting polymers, will be discussed.</p> <p>Setup of the module:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electrochemical thermodynamics (5 lectures) introduction (scope and role of electrochemistry, short history), electrochemical potentials, Nernst-equation, electrodes, conductance, transference number, mobility, solvation of ions, the Born-equation, Debye-Hückel theory, junction potentials, ion selective electrodes (concept of pH, the glass electrode, other ion selective electrodes), transport phenomena, electrified interfaces: double layer theories, adsorption (adsorption isotherms), surface excesses, electrocapillary equation, electrokinetic properties • Electrochemical kinetics (3 lectures) Tafel-equation, Butler-Volmer equation, theories of electron transfer, transition state theory, introduction to electrocatalysis (single crystals), rate-coverage relations • Electrochemical methods (7 lectures) electrochemical cells/ reactors, electrochemical instrumentation, potential step methods, potential sweep methods, galvanostatic methods, stripping analysis, hydrodynamic methods (RDE, RRDE), impedance (1 lecture), scanning techniques (electrochemical STM, SECM, SFC, AFM), electrochemistry coupled with spectroscopic techniques (in situ spectroelectrochemical techniques: UV-VIS, IR, X-ray, Raman etc), mass spectrometry, EQCM etc; intro to the second semester courses
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the thermodynamic and kinetic fundamentals of electrochemical processes • know of modern electrochemical methods and their application • critically read electrochemical literature • understand the principles of various electrochemical technologies • discuss electrochemical energy conversion approaches and their future potential • critically assess the current issues of implementation • understand the importance of electrochemical technologies in various fields
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Electrochemical methods: fundamentals and applications by A. J. Bard, L. R. Faulkner, 2nd ed., Wiley, 2000 • Elektrochemie by C. H. Hamann, W. Vielstich, 4th ed., Wiley, 2005 • Electrochemistry Principles, Methods, and Applications by C. M. A. Brett und A. M. O. Brett. Oxford University Press, 1993 • Electrode kinetics for chemists, chemical engineers, and materials scientists by E. Gileadi, Wiley-VCH, 1993 • Industrial Electrochemistry by D. Pletcher, F.C. Walsh, 2nd ed., Springer, 1990 • Electrochemical Engineering: Science and Technology in Chemical and Other Industries by H. Wendt, G. Kreysa, Springer, 2013 • Fundamentals of Electrochemistry by V. S. Bagotsky, 2nd ed., Wiley, 2005

1	Modulbezeichnung 42918	Fuel cells and electrolyzers (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Fuel cells and electrolyzers (2 SWS) Übung: Fuel cells and electrolyzers (Exercises) (3 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Simon Thiele	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Simon Thiele	
5	Inhalt	Fuel cell (FC) and electrolysis cell (ECs) <ul style="list-style-type: none"> • Application areas • Thermodynamic boundary conditions • Electrochemical basics • Kinetics • Transport processes • State of the art • Characterisation techniques • Open questions and scientific challenges 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students <ul style="list-style-type: none"> • are able to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry • understand kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions • apply basic knowledge in thermodynamics and general chemistry • are familiar with basic concepts of electrochemical engineering for fuel cells and electrolyzers • can describe thermodynamics, kinetic effects and electrochemical foundations • understand limitations such as kinetic, ohmic or mass transport limitations • have a solid knowledge on the state of the art • know how to experimentally characterize cells • are able to deduce methods to improve cell technologies by analyzing experimental data 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	To succeed in this course, students will need to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry. Understanding of kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions should be familiar from physical chemistry classes. Basic knowledge in thermodynamics and general chemistry is beneficial.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	

11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • O'hayre, Ryan; Cha, Suk-Won • Prinz, Fritz B. • Colella, Whitney (2016): Fuel cell fundamentals: John Wiley & Sons.

1	Modulbezeichnung 45375	Polymer Science and Processing (Polymer science and processing)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Polymer Science and Processing (2 SWS) Vorlesung: Polymer Science and Processing (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Johannes Harrer Prof. Dr. Nicolas Vogel	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Nicolas Vogel	
5	Inhalt	<p>Introduction to polymer science with a broad focus on: Synthesis, characterization and processing of polymeric materials; Structure-property relationships at the molecular level, in the liquid and melt state and in the solid.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to macromolecules: definition of terms, special features of polymers, polymerization reactions, polymer architectures, Classifications of polymeric materials • Polymer synthesis: chain and step growth, living Polymerizations, catalytic polymerizations, copolymerizations • Characterizations: determination of molecular weights • Properties of polymers in the liquid state: thermodynamics of polymer solutions, conformations • Properties of polymers in the solid state: phase transitions, amorphous materials, semi-crystalline materials, elastomers • Processing of polymers: extrusions, injection molding processes, Additive manufacturing, fiber and film manufacturing • Special polymers and applications of polymeric materials 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • learn basic structure-property relationships of macromolecules and polymeric materials • are able to derive macroscopic material properties from molecular structures • develop the conceptual ability to adapt macroscopic properties by changing the molecular structure • learn basic skills in the synthesis, characterization and processing of polymer materials • have the ability to select an appropriate polymeric material for a given application • get an insight into current research activities in the field of polymer science 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	

10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Koltzenburg, Maskos, Nuyken, Polymere, Springer Spektrum 2014 • R. J. Young, P. A. Lovell, Introduction to Polymers, 3rd Edition. CRC Press 2011

1	Modulbezeichnung 45045	Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (Porous materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (2 SWS) Übung: Übung Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (1 SWS) Übung: Tutorial Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (1 SWS)	5 ECTS - -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Alexandra Inayat Prof. Dr. Martin Hartmann	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Martin Hartmann
5	Inhalt	In diesem Modul sollen wichtige spektroskopische Verfahren und ihre Anwendungsbereiche vorgestellt werden. Im ersten Teil der Veranstaltung wird eine kurze Einführung in die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung gegeben. Zunächst werden die Prinzipien der Methoden zur Strukturaufklärung auf molekularer Ebene besprochen, insbesondere der Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie. Im zweiten Teil der Veranstaltung wird die Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten vorwiegend mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) anhand verschiedener Beispiele konkret geübt. Dabei werden neben den Grundlagen der Spektroskopie von Feststoffen auch die verschiedenen Aspekte der In-situ-(Operando)-Spektroskopie und der Prozessanalytik mittels spektroskopischer Methoden konkreter vorgestellt. Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls sind Vorlesungen, Übungen und ein Praktikum. In den Vorlesungen werden die erforderlichen theoretischen Grundlagen für das Verständnis spektroskopischer Methoden vermittelt. Eng mit dem Vorlesungsstoff verzahnt werden in den Übungsgruppen und im Praktikum die Fähigkeit zur Aufnahme und Interpretation realer Spektren an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) geübt.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung • kennen die wichtigsten spektroskopischen Methoden und ihre Anwendung zur Charakterisierung von technischen Feststoffen, insbesondere Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-),

		<p>Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie</p> <ul style="list-style-type: none"> • wenden die theoretischen Aspekte in vielfältigen spezielleren, aber auch kombinierten Übungen zur Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) an • können Spektren selbstständig aufnehmen und an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) interpretieren und die Ergebnisse kritisch bewerten
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Spectroscopy in Catalysis An Introduction, J. Niemantsverdriet, 2007 • Characterization of Solid Materials and Heterogeneous Catalysts, M. Che, J.C. Viedrine (Eds.), Wiley-VCH 2012

1	Modulbezeichnung 42915	Process simulation (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Process Simulation (ProSim) (2 SWS) Übung: Process Simulation Exercises (1 SWS) Tutorium: Process Simulation Tutorial (1 SWS)	5 ECTS - -
3	Lehrende	Dr. Peter Schulz Patrick Preuster	

4	Modulverantwortliche/r	Patrick Preuster	
5	Inhalt	<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to industrial process development • Aspects of process intensification • Introduction to the Aspen Plus simulator for process simulation • Equipment modeling: chem. reactors (detailed), separators, heat exchangers, mixers, pumps, compressors • recirculation, separation sequences, interconnection to the overall process • Short-cut methods for single apparatuses and for process synthesis • Flow sheet simulation of selected sample processes in Aspen Plus • Heat integration (pinch analysis) • Economic feasibility studies: Cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the systematic approach to conceptual process design • are familiar with the individual steps of modeling chemical reactors, separators, heat exchangers, mixers, pumps and compressors • are able to independently carry out the modeling and simulation of chemical engineering processes using industry-relevant commercial simulation tools (in particular Aspen Plus) • are able to practically apply and expand their basic knowledge of reaction engineering and thermal process engineering in the simulation of process engineering processes • are able to classify different models of basic operations and assess the scope of application • are capable of comparing different process variants • are able to apply the acquired knowledge practically on the basis of selected examples, taking into account economic aspects (cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality) 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nicht in diesem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Bearns, Behr, Brehm, Gmehling, Hofmann, Onken, Renken: Technische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 2006. • Biegler, Grossmann, Westerberg: Systematic Methods of Chemical Process

1	Modulbezeichnung 42936	Self-organisation processes (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Self-organization Processes (2 SWS) Übung: Self-organization Processes (Exercise) (3 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Prof. Dr. Nicolas Vogel	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Engel
5	Inhalt	<p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes

		<ul style="list-style-type: none"> • judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials • gain insight into current research in the field of the lecture
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. • Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. • Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. • John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. • Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011.

1	Modulbezeichnung 45335	Trocknungstechnik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Trocknungstechnik (0 SWS) Vorlesung: Trocknungstechnik/Drying Technology (0 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apparateauslegung 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; • können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch	

16	Literaturhinweise	<p>1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014</p> <p>2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013</p> <p>Gehrmann, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009.</p>
----	--------------------------	--

Wahlpflichtmodule Prozessmaschinen und Apparatetechnik

1	Modulbezeichnung 45291	Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zur Angewandten Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) für CBI, MB und ET (1 SWS) Vorlesung: Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) für CBI, MB und ET (Vorlesung) (2 SWS) Exkursion: Exkursion zur Vorlesung Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (1 SWS)	2 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lehrende	Lukas Strauß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing	
5	Inhalt	<p>Motorische Verbrennung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Funktionsweise von Hubkolbenmotoren im Vergleich zu anderen Wärmekraftmaschinen, 2- und 4-Taktverfahren, Otto- und Dieselmotoren, Regelungsverfahren, Marktsituation • Bauformen von Verbrennungsmotoren • Kraftstoffe und ihre Eigenschaften, Kraftstoff-Kenngrößen in der motorischen Verbrennung • Kenngrößen von Verbrennungsmotoren • Konstruktionselemente: Zylinderblock, Zylinderkopf, Kurbeltrieb, Kolbenbaugruppe, Ventiltrieb, Steuertrieb • Motormechanik: Mechanische Belastungen am Beispiel des Massenausgleichs in Mehrzylindermotoren und des Ventiltriebs • Thermodynamik des Verbrennungsmotors: Vergleichsprozessrechnung offene und geschlossene Vergleichsprozesse • Ladungswechsel, Kenngrößen des Ladungswechsels, Aufladung von Verbrennungsmotoren: Turbo- und mechanische Aufladung • Einspritz- und Zündsysteme, Steuerung- und Regelung von Verbrennungsmotoren • Gemischbildung / Verbrennung / Schadstoffe in Otto- und Dieselmotoren, gesetzl. vorgeschriebene Prüfzyklen <p>Brennstoffzellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Aufbau einer Brennstoffzelle • Thermodynamik der Brennstoffzelle • Einordnung Brennstoffzellentechnologie in Transport und Verkehr • Verschiedene Arten von Brennstoffzellen • Alterungsvorgänge von Brennstoffzellen • Fahrzeugperipherie von Brennstoffzellen 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Zukünftige Brennstoffzellensysteme <p>Batterieelektrische Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterietechnik: Grundlagen • Ladeverhalten von Li-Ionen-Akkus • Alterungsvorgänge von Li-Ionen-Akkus • BEV – Aufbau bis Stand der Technik • Zukunftstechnologien
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Grundlagen, Begriffe und Kenngrößen der Motoren, Brennstoffzellen- und Akkumulatortechnik • Kennen Bauformen und Prozessführung von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen • Kennen die Bauteile/Baugruppen, Bauformen und wesentliche Berechnungsverfahren von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen (inkl. Peripherie) und batterieelektrischen Systemen und können diese anwenden und weiterentwickeln • Können Zusammenhänge zwischen Kraftstoffeigenschaften und motorischen Brennverfahren und Maschinenausführungen herstellen und weiterentwickeln • Können Wirkungsgrade unterschiedlicher Antriebssysteme anhand von (Vergleichs#)Prozessrechnungen analysieren, bewerten und weiterentwickeln • Kennen Ladungswechselsysteme für Otto- und Dieselmotoren, deren Eigenschaften und Kenngrößen, kennen Auflade-Systeme und grundlegende Berechnungen von Auflade-Systemen • Kennen typische Gemischbildungs- und Zündsysteme, Regelverfahren von Verbrennungsmotoren • Kennen Peripherie- und Versorgungssysteme von Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen und können grundlegende charakteristische Größen berechnen
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Merker, Teichmann(Hrsg.): Grundlagen Verbrennungsmotoren, Springer (2018) • van Basshuysen, Schäfer (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor, Springer (2017) • Heywood: Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill (1988) • Pischinger, Klell, Sams: Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine, Springer (2009) • Ganesan: Internal Combustion Engines, McGraw-Hill (2015) • Reif (Hrsg.): Dieselmotor-Management, Springer (2012) • Reif (Hrsg.): Ottomotor-Management im Überblick, Springer (2015) • Tschöke, Mollenhauer, Maier (Hrsg.): Handbuch Dieselmotoren, Springer (2018) • O'Hayre, Cha, Colella, Prinz: Fuel Cell Fundamentals, Wiley & Sons (2016) • Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, Springer (2013) • Barbir: PEM Fuel Cells, Elsevier (2013) • Kampker, Vallée, Schnettler: Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer (2018)

1	Modulbezeichnung 45430	Maschinenakustik (Machine acoustics)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Maschinenakustik (0 SWS) Übung: Übung zu Maschinenakustik (0 SWS)	- -
3	Lehrende	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	

4	Modulverantwortliche/r	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundsätze der technischen Lärmbekämpfung • Größen, Grundbegriffe, Phänomene der technischen Akustik • Grundlagen des Luftschalls • Grundlagen des Körperschalls • Geräuscentstehung in Maschinen und Anlagen • Mechanische Geräuschquellen • Strömungsakustik • Strömungsakustische Multipole • Strahl- und Rotorlärm • Fluid-Struktur-Akustik Interaktion • Numerische Berechnungsverfahren • Grundprinzipien der Gestaltung lärmarmen Produkte und Anlagen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und anwenden die Grundlagen und die Theorie des strömungs- und strukturinduzierten Schalls • verstehen für die Industrie relevante Fragen der Lärmbekämpfung • erarbeiten Lösungen zur Lärminderung • können experimentelle und numerische Verfahren in der Behandlung der strömungs- und strukturinduzierten Schalls einsetzen 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Modul: Strömungsmechanik (Empfehlung)</p> <p>Modul: Technische Akustik (Empfehlung)</p> <p>Modul: Thermodynamik (Empfehlung)</p>	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Prozessmaschinen und Apparatechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich	
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 94480	Reinraumtechnik (Clean room technology)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Reinraumtechnik (2 SWS) Übung: Übung Reinraumtechnik (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Christian Lübbert Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert Prof. Dr. Ing. Eberhard Schlücker	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Geschichtliche Entwicklung der Reinraumtechnik • Reinraumklassen • Reinraumfilter • Struktur von Reinräumen • Klimaanlageanlagen • Kontamination • Reinraumkleidung • Medienversorgung / Entsorgung • Automatisierung • Wirtschaftlichkeit • Sicherheit • Anwendungen von Reinräumen • Grundlagen der Luftströmung • Strömungsformen im Reinraum • Strömungsoptimierung im Reinraum • Maschinen im Reinraum • Reinraummaterialien • Partikelmesstechnik • Filtertechnik 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die Grundlagen der Reinraumtechnik und deren Anwendung auf verschiedenste Gebiete der Naturwissenschaften • sind in der Lage, definierte Reinraumbedingungen diesen Anwendungsfällen selbständig zuzuordnen • kennen die Komponenten der Reinraumtechnik und verstehen ihre Auswirkung auf die Qualität eines Reinraumes • sind mit Sicherheitsanforderungen vertraut, kennen spezifische Verhaltensregeln und können diese in der Laborpraxis anwenden • sind zu einem späteren (eingeschränkten) Arbeiten im Reinraum qualifiziert 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	

10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • W. Whyte, Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation, Second Edition, Wiley & Sons 2010, ISBN 0-471-86842-6 • L. Gail, H.-P.Hortig, Reinraumtechnik, 2. Auflage, Springer 2004, ISBN 3-540-20542-X • L. Geil, U. Gommel, H. Weißsieker, Projektplanung Reinraumtechnik, Hüthig 2009, ISBN 978-3-7785-4004-6 • Cleanroom Microbiology for the Non-Microbiologist, David Carlberg, 2nd edition, CRC Press 2004, ISBN 0-8493-1996-X

1	Modulbezeichnung 45231	Rheologie / Rheometrie (Rheology/Rheometry)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Rheologie/Rheometrie - Übung (1 SWS) Vorlesung: Rheologie/Rheometrie (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Markus Neuner Prof. Dr. Andreas Wierschem	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Wierschem	
5	Inhalt	<p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheooptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt.</p> <p>Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden 	

		<ul style="list-style-type: none"> • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen, lernen typische Messfehler erkennen und beheben bzw. vermeiden.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluiddynamik der Biotechnologie.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) • M. Pahl, W. Gleißle, H.-M. Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995) • D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993) • M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer • J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008) • D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)

- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

1	Modulbezeichnung 45435	Strömungsakustik (Aeroacoustics)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Strömungsakustik (0 SWS) Vorlesung: Strömungsakustik / Aeroacoustics (2 SWS)	- 3 ECTS
3	Lehrende	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	

4	Modulverantwortliche/r	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • strömungsmechanische Grundlagen (Grundgleichungen, Turbulenz, Wirbelstärke, Kompressible Strömungen) • Akustik (Wellengleichung, Greensche Funktion, Monopol, Dipol und Quadrupole) • Akustische Analogie (Lighthill-Analogie, Curle-Theorie, Vortexschall, APEGleichungen) • Aeroakustische Messverfahren und Messeinrichtungen • Hybride numerische CAA-Verfahren • Anwendungen: Tonaler Schall: Zylinder • Breitbandlärm: Stufe Freistrahllärm, Tragflügelärm, Turbomaschinen • Windenergieanlagen, Akustik der menschlichen Stimme • Beurteilung der Schallwahrnehmung 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen und erklären die Grundlagen der strömungsinduzierten Schallabstrahlung und deren Einfluss auf den Menschen • erhalten in der Verbindung von Strömungsmechanik, Strukturmechanik und Akustik Kompetenzen in der Behandlung komplexer physikalischer Systeme • können experimentelle und numerische Verfahren zur Lösung aeroakustischer Probleme anwenden • analysieren sehr aktuelle Fragestellungen und Anwendungen, die sich von der Medizintechnik über die Fahrzeugakustik, Prozessanlagen bis hin zur Akustik von Windenergieanlagen erstrecken 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Strömungsmechanik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Lehrbuch: Grundlagen der Strömungsmechanik, Franz Durst• Vorlesungsskript: Strömungsakustik, Kaltenbacher/Becker

1	Modulbezeichnung 45495	Turbomaschinen (Turbomachinery)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Turbomaschinen (2 SWS) Übung: Übungen zu Turbomaschinen (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	

4	Modulverantwortliche/r	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsprinzip der Turbomaschinen • Leistungsbilanzen, Wirkungsgrade, Zustandsverläufe • Ähnlichkeitskennzahlen • Kennlinien und Kennfelder • Betriebsverhalten • Grundbegriffe der Gitterströmung • Kräfte an Gitterschaufeln • Schaufelgitter • Gehäuse • CFD für Turbomaschinen • Grundlagen Windturbinen • Akustik 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erlernen die Grundlagen der Turbomaschinen • verstehen und erklären Anwendung verschiedener Turbomaschinen • können entsprechend der Anwendung Turbomaschinen in ihren Grundabmessungen auslegen • erlangen ein Grundverständnis für das Betriebsverhalten 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Modul: Strömungsmechanik (Empfehlung) Modul: Thermodynamik (Empfehlung)	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Prozessmaschinen und Apparatechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich	
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	

1	Modulbezeichnung 45445	Turboverdichter (Turbo compressors)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Turboverdichter (0 SWS) Vorlesung: Turboverdichter (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lehrende	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	

4	Modulverantwortliche/r	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Lehrfaches soll aufbauend auf den Grundlagen der Gasdynamik kompressibler Strömungen ein Grundverständnis für das Betriebsverhalten und die Anwendung von Turboverdichtern und Turbinen vermittelt werden. Entwurf und Auslegung der Turboverdichter nach Größe, Leistung und Betriebsbedingungen, sowie ihre Schallabstrahlung werden behandelt.</p> <p>Inhalte</p> <p>Grundlagen kompressibler Strömungen/Gasdynamik Verdichterbauarten Verdichterantriebsleistung Stufenzahl- und Drehzahlfestlegung Verdichtereffizienzen Turboverdichter-Kennfelder Entwurf von Radial- und Diagonalverdichterstufen Axialverdichter/Axialturbinen Auslegung der Nachleiteinrichtung Besondere Betriebsbedingungen Schallabstrahlung und Lärmbekämpfung Turbolader</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erlernen die Grundlagen in der Behandlung von kompressiblen Strömungen einschließlich der Gasdynamik für Turbomaschinen • erlangen ein Grundverständnis für das Betriebsverhalten • verstehen und erklären die Anwendung verschiedener Turboverdichteranlagen u.a. Turbolader • können entsprechend verschiedener Anwendungen Laufräder von Turboverdichter in ihren Grundabmessungen auslegen • gestalten und berechnen selbständig einen Laufradentwurf 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Prozessmaschinen und Apparatechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrbuch: Grundlagen der Strömungsmechanik, Durst • Lehrbuch: Thermische Turbomaschinen, Traubel • Vorlesungsskript: Turboverdichter, Becker

Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik

1	Modulbezeichnung 94301	Technische Thermodynamik II (Technical thermodynamics II)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Techn. Thermodynamik (Vertiefung) für CBI und CEN (1 SWS) Vorlesung: Technische Thermodynamik (Vertiefung) für CBI und CEN (3 SWS)	1,5 ECTS 3,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Stefan Will Kristina Rauh	

4	Modulverantwortliche/r	Simon Aßmann Dr.-Ing. Franz Huber Kristina Rauh Prof. Dr.-Ing. Stefan Will	
5	Inhalt	<p>Das Modul Technische Thermodynamik - Vertiefung beinhaltet neben einer Wiederholung der Grundlagen zur Bilanzierung von Masse, Energie, Impuls, Entropie und Exergie die Themen Verbrennungstechnik, Strömungsprozesse und Einführung in die Gasdynamik, Kältetechnik sowie Energiespeicher. Das Thema Verbrennungsprozesse soll zugleich als allgemeine Einführung in die thermodynamische Behandlung von Systemen dienen, in denen chemische Reaktionen stattfinden. Schwerpunkte der energetischen Betrachtung von Verbrennungsprozessen bilden die Berechnung der freigesetzten Wärme sowie die Verbrennungstemperatur. Mit Hilfe von Entropiebilanzen wird die Effizienz von Verbrennungsprozessen in Form des exergetischen Wirkungsgrades bzw. in Form von auftretenden Exergieverlusten analysiert. Bei Strömungsprozessen sollen insbesondere kompressible Medien und somit auch Hochgeschwindigkeitsströmungen betrachtet werden, bei denen strömungsmechanische und thermodynamische Vorgänge stets miteinander verknüpft ablaufen. Hier werden neben den Grundgleichungen zur Modellierung von entsprechenden Strömungen und Zustandsänderungen spezielle Anwendungen von Düse und Diffusor diskutiert, z.B. im Bereich der Antriebstechnik und Kältetechnik. Das Thema Kältetechnik behandelt zunächst theoretisch deren Grundaufgaben. Schwerpunkte bilden dann unterschiedliche Verfahren und Anlagen zur Erzeugung von tiefen Temperaturen einschließlich derer zur Gasverflüssigung. Bei der Auslegung und Optimierung von Anlagen zur Erzeugung mäßig tiefer Temperaturen, z.B. in Form von Kompressions-, Dampfstrahl- und Absorptionskältemaschine, werden auch ökologische und ökonomische Kriterien bei Auswahl von Kältemitteln gegenübergestellt. Im Kapitel Energiespeicher werden nach einer Einführung zunächst Druckluftspeicher behandelt. Es werden verschiedene Speicher zur thermischen Speicherung vorgestellt. Einen Schwerpunkt bilden Pumped Thermal Energy Storgages" (Carnot-Batterien)", hier werden der Brayton-Cycle und die Kombination Wärmepumpe / Organic Rankine Cycle näher betrachtet.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> wenden wesentliche thermodynamische Grundlagen zur Konzeptionierung und Entwicklung von Systemen und 	

		<p>Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik, darunter speziell solcher der Verbrennungs-, Strömungs-, Kälte- und Wärmetechnik an</p> <ul style="list-style-type: none"> • können Berechnungen zur thermodynamischen Optimierung analysieren und selbständig durchführen sowie die notwendigen Hilfsmittel methodisch angemessen anwenden • diskutieren die Auslegung und Optimierung von Anlagen im Bereich der Wärme-, Energie- und Verfahrenstechnik unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Kriterien
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:</p> <p>Technische Thermodynamik I</p>
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>H. D. Baehr und S. Kabelac, Thermodynamik, Springer 2009 (14. Auflage)</p> <p>E. Hahne, Technische Thermodynamik, Oldenbourg 2004 (4. Auflage)</p> <p>K. Lucas, Thermodynamik, Springer 2000 (2. Auflage)</p> <p>D. Rist, Dynamik realer Gase, Springer 1996</p> <p>R. Günther, Verbrennung und Feuerungen, Springer 1984</p> <p>A. Bejan, Advanced Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons 1988</p>

Wahlpflichtmodule

Technische Thermodynamik

1	Modulbezeichnung 45291	Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zur Angewandten Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) für CBI, MB und ET (1 SWS) Vorlesung: Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) für CBI, MB und ET (Vorlesung) (2 SWS) Exkursion: Exkursion zur Vorlesung Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (1 SWS)	2 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lehrende	Lukas Strauß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing	
5	Inhalt	<p>Motorische Verbrennung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Funktionsweise von Hubkolbenmotoren im Vergleich zu anderen Wärmekraftmaschinen, 2- und 4-Taktverfahren, Otto- und Dieselmotoren, Regelungsverfahren, Marktsituation • Bauformen von Verbrennungsmotoren • Kraftstoffe und ihre Eigenschaften, Kraftstoff-Kenngrößen in der motorischen Verbrennung • Kenngrößen von Verbrennungsmotoren • Konstruktionselemente: Zylinderblock, Zylinderkopf, Kurbeltrieb, Kolbenbaugruppe, Ventiltrieb, Steuertrieb • Motormechanik: Mechanische Belastungen am Beispiel des Massenausgleichs in Mehrzylindermotoren und des Ventiltriebs • Thermodynamik des Verbrennungsmotors: Vergleichsprozessrechnung offene und geschlossene Vergleichsprozesse • Ladungswechsel, Kenngrößen des Ladungswechsels, Aufladung von Verbrennungsmotoren: Turbo- und mechanische Aufladung • Einspritz- und Zündsysteme, Steuerung- und Regelung von Verbrennungsmotoren • Gemischbildung / Verbrennung / Schadstoffe in Otto- und Dieselmotoren, gesetzl. vorgeschriebene Prüfzyklen <p>Brennstoffzellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Aufbau einer Brennstoffzelle • Thermodynamik der Brennstoffzelle • Einordnung Brennstoffzellentechnologie in Transport und Verkehr • Verschiedene Arten von Brennstoffzellen • Alterungsvorgänge von Brennstoffzellen • Fahrzeugperipherie von Brennstoffzellen 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Zukünftige Brennstoffzellensysteme <p>Batterieelektrische Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterietechnik: Grundlagen • Ladeverhalten von Li-Ionen-Akkus • Alterungsvorgänge von Li-Ionen-Akkus • BEV – Aufbau bis Stand der Technik • Zukunftstechnologien
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Grundlagen, Begriffe und Kenngrößen der Motoren, Brennstoffzellen- und Akkumulatortechnik • Kennen Bauformen und Prozessführung von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen • Kennen die Bauteile/Baugruppen, Bauformen und wesentliche Berechnungsverfahren von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen (inkl. Peripherie) und batterieelektrischen Systemen und können diese anwenden und weiterentwickeln • Können Zusammenhänge zwischen Kraftstoffeigenschaften und motorischen Brennverfahren und Maschinenausführungen herstellen und weiterentwickeln • Können Wirkungsgrade unterschiedlicher Antriebssysteme anhand von (Vergleichs#)Prozessrechnungen analysieren, bewerten und weiterentwickeln • Kennen Ladungswechselsysteme für Otto- und Dieselmotoren, deren Eigenschaften und Kenngrößen, kennen Auflade-Systeme und grundlegende Berechnungen von Auflade-Systemen • Kennen typische Gemischbildungs- und Zündsysteme, Regelverfahren von Verbrennungsmotoren • Kennen Peripherie- und Versorgungssysteme von Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen und können grundlegende charakteristische Größen berechnen
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Merker, Teichmann(Hrsg.): Grundlagen Verbrennungsmotoren, Springer (2018) • van Basshuysen, Schäfer (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor, Springer (2017) • Heywood: Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill (1988) • Pischinger, Klell, Sams: Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine, Springer (2009) • Ganesan: Internal Combustion Engines, McGraw-Hill (2015) • Reif (Hrsg.): Dieselmotor-Management, Springer (2012) • Reif (Hrsg.): Ottomotor-Management im Überblick, Springer (2015) • Tschöke, Mollenhauer, Maier (Hrsg.): Handbuch Dieselmotoren, Springer (2018) • O'Hayre, Cha, Colella, Prinz: Fuel Cell Fundamentals, Wiley & Sons (2016) • Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, Springer (2013) • Barbir: PEM Fuel Cells, Elsevier (2013) • Kampker, Vallée, Schnettler: Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer (2018)

1	Modulbezeichnung 42917	Clean combustion technology (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Clean Combustion Technology (2 SWS) Übung: Exercises in Clean Combustion Technology (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Stefan Will Kristina Rauh Simon Aßmann Florian Bauer Florian Bauer	

4	Modulverantwortliche/r	Simon Aßmann Prof. Dr.-Ing. Stefan Will	
5	Inhalt	Introduction to combustion technology: fundamentals, laminar flames, turbulent flames, combustion modeling , pollutant formation, application. Introduction to numerical simulation of flows with combustion.	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students will...</p> <ul style="list-style-type: none"> • gain in-depth technical and methodological knowledge in combustion technology, combustion modeling, pollutant formation and engineering applications • are able to characterize different flame types and evaluate technical applications with respect to efficiency and pollutants • can describe global reaction equations as well as simple flames with thermodynamic conservation equations • are familiar with the interdisciplinary approach at the interface of fluid mechanics, thermodynamics and reactive flows • have an understanding of methods of experimental and numerical combustion analysis • are capable of entering university as well as industrial research and development in current topics of energy engineering • are familiar with the development in the field of applicative and engineered combustion systems 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Basic knowledge of thermodynamics and fluid mechanics is recommended. Also suitable for students in other disciplines (chemistry, physics, mathematics, mechanical engineering, mechatronics, computational engineering).	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	

14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Verbrennung", 3. Auflage, Springer-Verlag, 2001 • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Combustion", 4th Edition, Springer-Verlag, 2006 • Joos, F. "Technische Verbrennung", Springer-Verlag, 2006

1	Modulbezeichnung 97350	Messmethoden der Thermodynamik (Measurement techniques in thermodynamics)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (2 SWS) Übung: Exercise in Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Franz Huber	

4	Modulverantwortliche/r	Simon Aßmann Dr.-Ing. Franz Huber Kristina Rauh Prof. Dr.-Ing. Stefan Will
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution; • geometric optics; lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers; • photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution; • shadowgraphy and schlieren techniques; • elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing); • Raman scattering (species concentration, temperature, diffusion); • incandescence (thermal radiation, pyrometry, particles); • velocimetry (flow fields); • absorption, fluorescence (temperature, species, concentration)
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics • are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Bioengineering, Mechanical Engineering, Life

		Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Lecture Slides • Bräuer, Andreas: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015

1	Modulbezeichnung 42935	Optical diagnostics in energy and process engineering (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (2 SWS) Übung: Exercise in Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Franz Huber	

4	Modulverantwortliche/r	Simon Aßmann Dr.-Ing. Franz Huber Kristina Rauh Prof. Dr.-Ing. Stefan Will	
5	Inhalt	<p>Introduction to conventional and novel optical techniques to measure state and process functions in thermodynamical systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution • Geometric optics and optical devices • Lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers • Photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution • Shadowgraphy and Schlieren techniques (flow and mixing) • Elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing) • Raman scattering (species concentration, temperature, diffusion) • Incandescence (thermal radiation, temperature fields, pyrometry, particle sizing) • Velocimetry (flow fields, velocity) • Absorption (temperature, pressure, species, concentration) • Fluorescence and phosphorescence (temperature, species, concentration) 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics 	

		<ul style="list-style-type: none"> are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Bioengineering, Mechanical Engineering, Life Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> Lecture Slides Bräuer, Andreas: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015

1	Modulbezeichnung 44960	Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (Thermophysical properties of working materials in process and energy engineering)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Thomas Manfred Koller Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Thomas Manfred Koller
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik • Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung • Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit • Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken • Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften • Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken • Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung • Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen <p>*Content*</p> <ul style="list-style-type: none"> • The importance of thermophysical properties in process and energy engineering • Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc. • Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion

		<p>coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases • Correlation and prediction of thermophysical properties • Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques • Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling • Development of thermal and caloric equations of state
6	<p>Lernziele und Kompetenzen</p>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut, • verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus, • kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe, • sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken, • verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten und • wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus. <p>*Education objectives and competences*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are aware of the importance of thermophysical properties in process and energy engineering in the form of equilibrium and transport properties, • use various sources for thermophysical properties (scientific literature, table compilations, databases, correlations, predictions, theoretical and experimental determination) independently and select the respective sources in a use-oriented way considering the resulting effort and benefit, • know the approaches for the correlation and prediction of thermophysical properties as well as for developing equations of state, and are able to transfer these approaches to other systems,

		<ul style="list-style-type: none"> • are familiar with experimental methods for the determination of thermophysical properties, in particular with laser-optical methods, • understand the basics of the use of molecular modeling for the theoretical determination of thermophysical properties, • select working materials with defined thermophysical properties for an optimized design of processes in energy and process engineering.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung</p> <p>Basic knowledge on Engineering Thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer</p>
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1;2;3;4
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987 • Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987 • Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991 • R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995 • R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997 • M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsooakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996 • Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996 • J. M. Haile, Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997 • G. Grimvall, Thermophysical Properties of Materials, Elsevier, Amsterdam, 1999

- J. A. Wesselingh, R. Krishna, Mass Transfer in Multicomponent Mixtures, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- Diffusion in Condensed Matter, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- Applied Thermodynamics of Fluids, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

1	Modulbezeichnung 43700	Transportprozesse (Transport processes)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Transportprozesse (2 SWS) Übung: Übung zu Transportprozesse (1 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing Chris Conrad Bastian Lehnert	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Transportvorgänge: Wärme-, Stoff-, und Impulsübertragung • Auf Basis der kinetischen Gastheorie werden Gleichungen zur Beschreibung von Transportvorgängen (allgemeine Transportgleichung, Fourier'sches Gesetz, Fick'sche Gesetze,) hergeleitet und für in der Technik typischen Geometrien und Randbedingungen angewandt • Herleitung von Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellung • Aufbereitung von Problemstellungen zur Lösung mit Rechnerunterstützung
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • haben vertiefende Kenntnisse in der Impuls-, Wärme, und Stoffübertragung • können Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellungen eigenständig herleiten • bereiten Aufgabenstellung zur Lösung am Rechner z.B. mit Hilfe von MatLab auf • erarbeiten projektbezogener Aufgaben am Beispiel von Miniprojekten
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 45310	Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (Thermal power plants and power plant technology)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (1 SWS)	2 ECTS
		Vorlesung: Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (2 SWS)	3 ECTS
3	Lehrende	Christian Wondra Jonas Miederer Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	
5	Inhalt	<p>1. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen der Stromerzeugung</p> <p>2. Thermodynamische Grundlagen der Kraftwerkstechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dampfkraftprozesse, • Gasturbinenprozesse • Gasmotorenprozesse • Kombiprozesse <p>4. Kohlekraftwerke mit Carbon Capture and Sequestration (CCS)</p> <p>5. Dampfkraftprozesse für Erneuerbare Energien 6. Kernkraftwerke</p> <p>7. Organic Rankine Cycles für die Abwärmenutzung</p> <p>8. Gasturbinen- und hocheffiziente GUD-Kraftwerke</p> <p>9. Stationäre Gasmotoren für die Kraft-Wärme-Kopplung</p> <p>10. Carnot-Batterien</p> <p>Zur Vorlesung gehört eine Übung, in der mit der Programmiersprache Python einfache Kraftwerksprozesse programmiert werden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solarthermische Kraftwerke • Geothermische Kraftwerke • Biomasse-Kraftwerke 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen Technologien und Komponenten der Kraftwerkstechnik • haben einen grundlegenden Überblick über energiewirtschaftliche Fragen der Kraftwerkstechnik • analysieren Energieumwandlungsprozesse zur Erzeugung von elektrischer Energie in thermischen Kraftwerken • können technische Realisierung von Kraftwerken nachvollziehen und Vorschläge zur Optimierung erarbeiten und bewerten 	

		<ul style="list-style-type: none"> • wenden thermodynamische Prinzipien zur Prozessoptimierung an und können diese Methoden zur Prozessoptimierung weiterentwickeln • können thermodynamische Kreisprozesse mit der Programmiersprache Python berechnen
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Vorlesung Technische Thermodynamik
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>J. Karl, Dezentrale Energiesysteme, Oldenbourg Verlag</p> <p>K. Strauß, Kraftwerkstechnik, Springer Verlag</p> <p>H. Effenberger, Dampferzeugung, Springer-Verlag</p> <p>H. Spliethoff, Power generation from Solid Fuels, Springer-Verlag</p> <p>J. Karl, Klimawende, neobooks</p>

Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik

1	Modulbezeichnung 97331	Strömungsmechanik II (Fluid mechanics II)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Strömungsmechanik II (Vertiefung) - Übung (1 SWS) Vorlesung: Strömungsmechanik II (Vertiefung) (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Aliena Altmann Prof. Dr. Andreas Wierschem	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Wierschem	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionsanalyse und Ähnlichkeitstheorie • schleichende Strömungen • zeitabhängige Strömungen • Potentialströmungen • Grenzschichtströmungen • Turbulenz • kompressible Strömungen <p>Übungen ergänzen die Vorlesung. Studierende werden angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, strömungsmechanische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Aufbauend auf Kenntnissen reibungsbehafteter Strömungen bietet die Vorlesung eine systematische Vertiefung in wesentliche Bereiche der Strömungsmechanik.</p> <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über einen Überblick über wesentliche Bereiche der Strömungsmechanik und verstehen ihre Bedeutung und Anwendung in der Strömungsmechanik • können die Bedeutung der unterschiedlichen Strömungsbereiche sowohl in der natürlichen Umgebung als auch in ingenieurwissenschaftlichen Problemstellungen nachvollziehen • sind fähig, strömungsmechanische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln • können die erworbenen Fachkenntnisse mit geeigneten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Strömungsmechanik (CBI, CEN) oder Strömungsmechanik I für Maschinenbau und Energietechnik.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich	

11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • J. H. Spurk, N. Aksel: Strömungslehre: Einführung in die Theorie der Strömungen, 8. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2010 • F. Durst, Grundlagen der Strömungsmechanik - Eine Einführung in die Theorie der Strömungen in Fluiden, Springer, 2006 • P. K. Kundu, Fluid Mechanics, 5th Ed., Academic Press, 2012 • F. M. White, Fluid Mechanics, 7th Rev. Ed., McGraw Hill, 2011

Wahlpflichtmodule

Strömungsmechanik

1	Modulbezeichnung 43110	Angewandte Thermofluiddynamik (Applied thermo-fluid dynamics)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Angewandte Thermofluiddynamik (2 SWS) Übung: Angewandte Thermofluiddynamik - Übung (1 SWS)	- -
3	Lehrende	Vojislav Jovicic Dr.-Ing. Ana Zbogar-Rasic	

4	Modulverantwortliche/r	Vojislav Jovicic
5	Inhalt	<p>Although there are no special pre-requirements for this course, due to the nature of the topic and selected examples, course is more suitable for students with basic background</p> <p>in thermodynamics and fluid mechanics followed by higher interests in topics related to energy, efficiency, combustion systems, energy transformation, boilers and heating systems, pollutant reduction, etc.</p> <p>Goal of the course is to explain how some basic chemical, thermodynamical and fluid mechanical phenomena are used in engineering for practical conventional and state-of-art applications.</p> <p>As an example, course follows a life cycle of single oil droplet starting with its extraction from the earth and ending in the combustion chamber of household heating system.</p> <p>By following oil droplet on its way to the final use, course is introducing different energy transformations and explains different physical phenomena and technical solutions used</p> <p>in each phase of an oil droplet life cycle. In this way, course discusses topics like:</p> <ul style="list-style-type: none"> • world-wide and local trends in energy production, • production of different fractions of liquid fossil fuels, • spray formation mechanisms and applied technical solutions, • evaporation process and novel evaporation techniques, • conventional and novel combustion technologies, • environmental impact and pollutant emissions, • household heating systems and its components, etc. <p>Within the course, principles of operations for different parts of conventional household heating systems are explained including related basic physical phenomena.</p> <p>Apart from conventional systems, students are introduced to some state-of-art solutions like cool-flame or combustion within porous inert media.</p>

		The lectures are followed by exercises and practical laboratory demonstrations.
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students are instructed</p> <ul style="list-style-type: none"> • to improve their knowledge on world-wide and local energy trends, • to get overview of the complexity of energy efficiency, low pollutant use of fossil fuels today, • to learn more about some practical use of basic chemical, thermodynamical and fluid mechanical phenomena, • to get insight in some state-of-art concepts related to efficient use of gas/liquid fossil fuels, • to experience practical demonstrations of different conventional and novel combustion techniques and learn about their advantages and disadvantages.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Strömungsmechanik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Cengel and Boles: Thermodynamics: An Engineering Approach. McGraw-Hill • Dibble: Verbrennung Physikalisch-Chemische Grundlagen, Modellierung und Simulation, Experimente, Schadstoffentstehung. Springer • Kenneth K. Kuo: Principles of Combustion. John Wiley & Sons, Inc. • Howell, Hall and Ellzey: Combustion of Hydrocarbon Fuels within Porous Inert Media. Elsevier • Baukal: Industrial Burners - Handbook. CRC Press

1	Modulbezeichnung 45291	Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zur Angewandten Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) für CBI, MB und ET (1 SWS) Vorlesung: Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) für CBI, MB und ET (Vorlesung) (2 SWS) Exkursion: Exkursion zur Vorlesung Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (1 SWS)	2 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lehrende	Lukas Strauß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing	
5	Inhalt	<p>Motorische Verbrennung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Funktionsweise von Hubkolbenmotoren im Vergleich zu anderen Wärmekraftmaschinen, 2- und 4-Taktverfahren, Otto- und Dieselmotoren, Regelungsverfahren, Marktsituation • Bauformen von Verbrennungsmotoren • Kraftstoffe und ihre Eigenschaften, Kraftstoff-Kenngrößen in der motorischen Verbrennung • Kenngrößen von Verbrennungsmotoren • Konstruktionselemente: Zylinderblock, Zylinderkopf, Kurbeltrieb, Kolbenbaugruppe, Ventiltrieb, Steuertrieb • Motormechnik: Mechanische Belastungen am Beispiel des Massenausgleichs in Mehrzylindermotoren und des Ventiltriebs • Thermodynamik des Verbrennungsmotors: Vergleichsprozessrechnung offene und geschlossene Vergleichsprozesse • Ladungswechsel, Kenngrößen des Ladungswechsels, Aufladung von Verbrennungsmotoren: Turbo- und mechanische Aufladung • Einspritz- und Zündsysteme, Steuerung- und Regelung von Verbrennungsmotoren • Gemischbildung / Verbrennung / Schadstoffe in Otto- und Dieselmotoren, gesetzl. vorgeschriebene Prüfzyklen <p>Brennstoffzellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Aufbau einer Brennstoffzelle • Thermodynamik der Brennstoffzelle • Einordnung Brennstoffzellentechnologie in Transport und Verkehr • Verschiedene Arten von Brennstoffzellen • Alterungsvorgänge von Brennstoffzellen • Fahrzeugperipherie von Brennstoffzellen 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Zukünftige Brennstoffzellensysteme <p>Batterieelektrische Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterietechnik: Grundlagen • Ladeverhalten von Li-Ionen-Akkus • Alterungsvorgänge von Li-Ionen-Akkus • BEV – Aufbau bis Stand der Technik • Zukunftstechnologien
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Grundlagen, Begriffe und Kenngrößen der Motoren, Brennstoffzellen- und Akkumulatortechnik • Kennen Bauformen und Prozessführung von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen • Kennen die Bauteile/Baugruppen, Bauformen und wesentliche Berechnungsverfahren von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen (inkl. Peripherie) und batterieelektrischen Systemen und können diese anwenden und weiterentwickeln • Können Zusammenhänge zwischen Kraftstoffeigenschaften und motorischen Brennverfahren und Maschinenausführungen herstellen und weiterentwickeln • Können Wirkungsgrade unterschiedlicher Antriebssysteme anhand von (Vergleichs#)Prozessrechnungen analysieren, bewerten und weiterentwickeln • Kennen Ladungswechselsysteme für Otto- und Dieselmotoren, deren Eigenschaften und Kenngrößen, kennen Auflade-Systeme und grundlegende Berechnungen von Auflade-Systemen • Kennen typische Gemischbildungs- und Zündsysteme, Regelverfahren von Verbrennungsmotoren • Kennen Peripherie- und Versorgungssysteme von Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen und können grundlegende charakteristische Größen berechnen
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Merker, Teichmann(Hrsg.): Grundlagen Verbrennungsmotoren, Springer (2018) • van Basshuysen, Schäfer (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor, Springer (2017) • Heywood: Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill (1988) • Pischinger, Klell, Sams: Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine, Springer (2009) • Ganesan: Internal Combustion Engines, McGraw-Hill (2015) • Reif (Hrsg.): Dieselmotor-Management, Springer (2012) • Reif (Hrsg.): Ottomotor-Management im Überblick, Springer (2015) • Tschöke, Mollenhauer, Maier (Hrsg.): Handbuch Dieselmotoren, Springer (2018) • O'Hayre, Cha, Colella, Prinz: Fuel Cell Fundamentals, Wiley & Sons (2016) • Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, Springer (2013) • Barbir: PEM Fuel Cells, Elsevier (2013) • Kampker, Vallée, Schnettler: Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer (2018)

1	Modulbezeichnung 45400	Digitale Bildverarbeitung (Digital image processing)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Digitale Bildverarbeitung (2 SWS) Übung: Digitale Bildverarbeitung - Praktikum (0 SWS)	- -
3	Lehrende	Dr. Achim Sack Michael Blank	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Thorsten Pöschel
5	Inhalt	<p>Digitale Bildverarbeitung spielt eine immer größere Rolle bei der Durchführung und Auswertung von Messungen in Forschung, Entwicklung und Produktionsüberwachung.</p> <p>Das Modul vermittelt grundlegende und weiterführende Kenntnisse und Techniken zur selbständigen Lösung häufiger Problemstellungen bei der optischen Datennahme und -auswertung.</p> <p>Themen: Licht, Lichtquellen, Kameras, Optik, Aufnahmetechniken, Detektoren, Aberrationen, Digitale Bildtypen, Speicherformate, Abtasttheorem, Kompression, Filter, Rauschen, Kalibrierung, Fourier Transformation, Bildwiederherstellung, Korrelation, PIV, Tracking, Farbbilder, Wavelets, Morphologie, Segmentierung, Repräsentation, Abstraktion, Objekterkennung.</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden können selbstständig optische Daten aufnehmen und auswerten. Sie verstehen das Konzept der zugrundeliegenden Methoden.</p> <p>Unter anderem beherrschen und verwenden Sie Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zur selbstständigen Aufnahme und Verarbeitung digitaler Bilder • zur Filterung von Bildern im Orts- und Fourierraum • zur Segmentierung von Bildern • zur Objekterkennung und Klassifikation von Objekten • zur Objektverfolgung (PIV)
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 42933	Experimental fluid mechanics (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Experimental Fluid Mechanics (Strömungsmesstechnik) (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Andreas Wierschem	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Wierschem	
5	Inhalt	<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flow visualization • Measurement techniques for velocity: Particle Image and Tracking Velocimetry and Laser Doppler anemometry, ultrasound, • Measurement techniques for flow rate, pressure, temperature, concentration, free surfaces • Applicability and limitations, typical errors • 2-, 2+1-, 3-dimensional techniques, time-resolved techniques • Data acquisition and processing 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students who participate in this course will become familiar with measurement techniques in fluid mechanics.</p> <p>Students who successfully participate in this module:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Have an overview over the most extended and important measurement techniques • Understand the principles of the different techniques • Know and understand the abilities and limitations of the techniques • Can to select an appropriate technique for a given task • Can identify and avoid typical measurement errors 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>*Prerequisites:*</p> <p>To succeed in this course, students will need to apply acquired knowledge from fluid mechanics. Basic knowledge in physics and measurement techniques is beneficial.</p>	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Strömungsmechanik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Tropea, Yarin, Foss: Handbook of Experimental Fluid Mechanics, Springer• Merzkirch: Flow Visualization, Academic Press• Mayinger, Feldmann: Optical Measurements, Springer
----	--------------------------	--

1	Modulbezeichnung 45340	Fluid-Feststoff-Strömungen (Solid-liquid two phase flow)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Fluid-Feststoff-Strömungen (1 SWS) Vorlesung: Fluid-Feststoff-Strömungen / Fluid-Solid-Flows (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorzuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990

1	Modulbezeichnung 45487	Numerische Methoden der Thermofluiddynamik I (Numerical methods in thermal fluid mechanics I)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Manuel Münsch	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Governing equations and models in fluid mechanics • Steady problems: the Finite-Difference Method (FDM) • Unsteady problems: methods of time integration • Advection-diffusion problems • The Finite-Volume Method • Solution of the incompressible Navier-Stokes equations • Grids and their properties • Boundary conditions <p>The theory given in the lectures is extended and applied to several transport problems in this exercise class:</p> <ul style="list-style-type: none"> • discretization of the Blasius similarity equations • parabolization and discretization of the boundary layer equations • finite-Difference discretization of heat-transfer problems • approximation of boundary conditions • finite-Volume discretization of heat-transfer problems • discretization and time-stepping of the Navier-Stokes equations • projections methods: the SIMPLE and PISO Methods 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students who successfully take this module should:</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the physical meaning and mathematical character of the terms in advection-diffusion equations and the Navier-Stokes equations • assess under what circumstances some terms in these equations can be neglected • formulate a FDM for the solution of unsteady transport equations • assess the convergence, consistency and stability of a FDM • formulate a FVM for the solution of unsteady transport equations • know how to solve the Navier-Stokes equation with the FVM • implement programs in matlab/octave to simulate fluid flow • assess the quality and validity of a fluid flow simulation • work in team and write a report describing the results and significance of a simulation • know the different types of grids and when to use them <p>The students who successfully solve the exercises should:</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> • be able to discretize transport problems with the finite-difference and the finite-volume methods • discretize several type of boundary conditions (no-slip, flux, mixed) • understand how the implementation of projection methods to solve the Navier-Stokes equation is done • work in team
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • J.H. Ferziger, M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, 2008 • R.J. Leveque, Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, SIAM, 2007

1	Modulbezeichnung 45486	Numerische Methoden der Thermofluiddynamik II (Numerical methods in thermal fluid mechanics II)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Numerische Methoden der Thermofluiddynamik II - Übung (1 SWS) Vorlesung: Numerische Methoden der Thermofluiddynamik II (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Manuel Münsch	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Manuel Münsch
5	Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Curvilinear grids 2. Turbulent flows 3. Direct Numerical Simulations (DNS) 4. Reynolds Averaged Navier-Stokes equations (RANS) 5. Large Eddy Simulation (LES) 6. Particulate and multiphase flows 7. Fluid-structure Interaction 8. Flows in porous media
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • Know how to solve CFD problems in curvilinear grids • Understand the main properties of turbulent flows • Understand the strengths and weaknesses of widely used simulation models of turbulence • Select the appropriate model and boundary equations for a given application • Be able to perform turbulence and complex flows simulations with OpenFOAM • Work in team and write a report describing the results and significance of a simulation of turbulent flow
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • J. H. Ferziger, M. Peric, Numerische Strömungsmechanik, Springer, 2008

1	Modulbezeichnung 44790	Partikelbasierte Strömungsmechanik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-V) (2 SWS) Übung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-UE) (1 SWS)	- -
3	Lehrende	Michael Blank Prof. Dr. Thorsten Pöschel Ulrike Hansl Dr. Achim Sack	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Thorsten Pöschel	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Gegenüberstellung von partikelbasierten und gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics • Comparison of particle-based and grid-based methods in fluid mechanics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • kennen die Vor- und Nachteile partikelbasierter Verfahren im Vergleich zu gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik. • kennen die einzelnen Algorithmen, die hinter den besprochenen Methoden stehen und können Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Methoden darlegen. • kennen die Implementierung der einzelnen Methoden vor dem Hintergrund einer Anwendung auf Hochleistungsrechnern. • kennen die Stärken und Schwächen der besprochenen Methoden und können für verschiedene Situationen die geeignete Methode auswählen. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Programmieren Grundlagen, Strömungsmechanik Grundlagen	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	G.A. Bird, Molecular Gas Dynamics and the Direct Simulation of Gas Flows G. Gompper et al., Multi-Particle Collision Dynamics: A Particle-Based Mesoscale Simulation Approach to the Hydrodynamics of Complex Fluids E.-S. Lee et al., Comparisons of weakly compressible and truly incompressible algorithms for the SPH mesh free particle method.

1	Modulbezeichnung 45210	Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung I (Physics of turbulence and turbulence modelling I)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung I (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Jovan Jovanovic	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Jovan Jovanovic	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls werden praktisch einsetzbare Methoden zur Berechnung allgemeiner turbulenter Strömungen vorgestellt.</p> <p>Ausgangspunkt sind die Navier-Stokes-Gleichungen, die formal hergeleitet und anschließend zeitgemittelt werden.</p> <p>Die durch die Mittelung auftretenden Zusatzterme werden physikalisch interpretiert und gebräuchliche mathematische Modelle (Turbulenzmodelle) zur Beschreibung dieser Terme eingeführt.</p> <p>Die Anwendung der vorgestellten Turbulenzmodelle auf für die Praxis relevante turbulente Strömungen wie z. B. Grenzschichten, Freistrahlen etc. wird im Detail diskutiert.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können allgemeine turbulente Strömungen berechnen • können relevante Gleichungen herleiten und zeitmitteln • können die durch die Mittelung aufgetretene Zusatzterme interpretieren • können die vorgestellten Turbulenzmodelle in der Praxis anwenden 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	

1	Modulbezeichnung 45220	Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung II (Physics of turbulence and turbulence modelling II)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung II (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Jovan Jovanovic	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Antonio Delgado	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Turbulence decomposition(mean flow, turbulent stresses, higher-order moments); • second order moments(anisotropy tensor, invariants); • anisotropy invariant mapping of turbulence in wall-bounded flows; • turbulent viscosity, Prandtl-Kolmogorov formula; • dynamics of turbulence dissipation rate; • twopoint correlation technique(locally homogeneous turbulence); • dissipation rate equation (closure model); • velocity-pressure gradient correlations (Poisson equation, Chous integral, slow and fast parts of correlations); • turbulence transport(closure approximation); • predictions(homogeneous shear flows, wall-bounded flows, transitional flows) 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • identify and explain the fundamental theories of turbulence • details of the modeling and validation using DNS databases • implement statistical methods like two-point correlation technique and invariant theory for modeling of unknown correlation • discuss different techniques for turbulence modeling according to their advantages and disadvantages • apply numerical simulation databases for interpretation of turbulence in functional space defined in terms of anisotropy-invariant map 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Strömungsmechanik	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	Jovanovic, J.: Statistical Dynamics of Turbulence, Springer Verlag, 2004 Hinze, J.O.: Turbulence (2nd edition), McGraw Hill, 1975

1	Modulbezeichnung 45231	Rheologie / Rheometrie (Rheology/Rheometry)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Rheologie/Rheometrie - Übung (1 SWS) Vorlesung: Rheologie/Rheometrie (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Markus Neuner Prof. Dr. Andreas Wierschem	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Wierschem	
5	Inhalt	<p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und Lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheooptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt.</p> <p>Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden 	

		<ul style="list-style-type: none"> • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen, lernen typische Messfehler erkennen und beheben bzw. vermeiden.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluidynamik der Biotechnologie.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) • M. Pahl, W. Gleißle, H.-M. Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995) • D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993) • M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer • J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008) • D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)

- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

1	Modulbezeichnung 45435	Strömungsakustik (Aeroacoustics)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Strömungsakustik (0 SWS) Vorlesung: Strömungsakustik / Aeroacoustics (2 SWS)	- 3 ECTS
3	Lehrende	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	

4	Modulverantwortliche/r	apl.Prof.Dr. Stefan Becker	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • strömungsmechanische Grundlagen (Grundgleichungen, Turbulenz, Wirbelstärke, Kompressible Strömungen) • Akustik (Wellengleichung, Greensche Funktion, Monopol, Dipol und Quadrupole) • Akustische Analogie (Lighthill-Analogie, Curle-Theorie, Vortex-schall, APEGleichungen) • Aeroakustische Messverfahren und Messeinrichtungen • Hybride numerische CAA-Verfahren • Anwendungen: Tonaler Schall: Zylinder • Breitbandlärm: Stufe Freistrahllärm, Tragflügelärm, Turbomaschinen • Windenergieanlagen, Akustik der menschlichen Stimme • Beurteilung der Schallwahrnehmung 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen und erklären die Grundlagen der strömungsinduzierten Schallabstrahlung und deren Einfluss auf den Menschen • erhalten in der Verbindung von Strömungsmechanik, Strukturmechanik und Akustik Kompetenzen in der Behandlung komplexer physikalischer Systeme • können experimentelle und numerische Verfahren zur Lösung aeroakustischer Probleme anwenden • analysieren sehr aktuelle Fragestellungen und Anwendungen, die sich von der Medizintechnik über die Fahrzeugakustik, Prozessanlagen bis hin zur Akustik von Windenergieanlagen erstrecken 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Strömungsmechanik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Lehrbuch: Grundlagen der Strömungsmechanik, Franz Durst• Vorlesungsskript: Strömungsakustik, Kaltenbacher/Becker

Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik

1	Modulbezeichnung 94441	Mechanische Verfahrenstechnik II (Focus module: Mechanical process engineering)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Product Engineering (1 SWS) Vorlesung: Product Engineering (3 SWS) Tutorium: Tutorium zu Product Engineering (1 SWS)	- 7,5 ECTS -
3	Lehrende	Lukas Gromotka Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls werden die Grundlagen der Produktgestaltung behandelt. Ausgehend von der Eigenschaftsfunktion (Zusammenhang zwischen Anwendungs- bzw. Endprodukteigenschaften und den dispersen Eigenschaften) werden Möglichkeiten zur Steuerung der Produkteigenschaften vorgestellt und an exemplarischen Prozessen vertieft. Neben der Partikelproduktion (u.a. Gasphasensynthese, Fällung, Zerkleinern) werden Fragen der Formulierung (z.B. Beschichtungen) behandelt. Ein Schwerpunkt liegt auf der Gestaltung nanoskaliger Produkte. Hier gelingt die Einstellung makroskopischer Produkteigenschaften nur durch die mikroskopische Steuerung der Grenzflächen. Als Simulationswerkzeuge werden Populationsbilanzen eingeführt.</p> <p>Es werden Beispiele aus der chemisch-pharmazeutischen Technologie, den Materialwissenschaften und der Medizintechnik behandelt. Das Modul richtet sich daher sowohl an Bio- und Chemieingenieure als auch Materialwissenschaftler, Pharmazeutische Technologen und Naturwissenschaftler.</p> <p>Wir fördern Teamfähigkeit und Präsentationstechniken durch die selbstständige Erarbeitung spezieller Beispiele in kleinen Gruppen.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen den Zusammenhang zwischen Anwendungs- bzw. Endprodukteigenschaften und den dispersen Eigenschaften • setzen Möglichkeiten zur Steuerung der Produkteigenschaften an exemplarischen Prozessen um • lernen Partikelproduktion und Formulierungen, insbesondere die Gestaltung nanoskaliger Produkte • lernen die physikalischen Grundprinzipien zur Einstellung der dispersen Größen und deren Umsetzung in technischen Apparaten • wenden die Inhalte mit Beispielen aus der chemisch-pharmazeutischen Technologie, den Materialwissenschaften und der Medizintechnik an 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wird in der Vorlesung ausgegeben

Wahlpflichtmodule

Mechanische

Verfahrenstechnik

1	Modulbezeichnung 45340	Fluid-Feststoff-Strömungen (Solid-liquid two phase flow)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Fluid-Feststoff-Strömungen (1 SWS) Vorlesung: Fluid-Feststoff-Strömungen / Fluid-Solid-Flows (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorzuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990

1	Modulbezeichnung 45280	Industrielles Produkt-Design (Industrial product design)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Industrielles Produktdesign (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Scott Maar Prof. Dr. Jens Uhlemann	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Strategie im Produktdesign • Prozessdesign • Produktdesign von Emulsionen, Dispersionen und Schäumen, Kristallinen Materialien, Pulvern, Granulaten und festen Formen sowie neuen Produkten 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen allgemeine Strategie im Produktdesign • sind mit Produktdesign von Emulsionen, Dispersionen und Schäumen, kristallinen Materialien, sowie Pulvern, Granulaten und festen Formen vertraut • sind fähig, auch neue Produkte zu gestalten • können komplexe Aufgabenstellungen selbständig und zielorientiert bearbeiten 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Cussler, E.L., Moggridge, G.D., Chemical Product Design, Cambridge University Press, Cambridge 2011 • Bröckel, U., Meier, W., Wagner, G., Product Design and Engineering Best Practices, Wiley 2007 • Pahl, G., Beitz, W., Konstruktionslehre Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. 7. Aufl., Springer 2007 • Rähse, W., Chemischer Produktdesign, Springer, 2007 	

1	Modulbezeichnung 45360	Modellbildung in der Partikeltechnik (Modelling in particle technology)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Modellbildung in der Partikeltechnik / Numerical Methods in Particle Technology (2 SWS) Übung: Übung zu Modellbildung in der Partikeltechnik (1 SWS)	4,5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert Tobias Schikarski Nabi Traore	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einzelpartikeln im Fluid • Hybridmodelle • Populationsbilanz-Modellierung • Flowsheet-Simulationen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können moderne Methoden zur Modellierung und Simulation disperser Systemen erlernen, insbesondere den Multiskalenansatz • erfassen die aktuelle Forschung in Bezug auf die Anwendung • erkennen die Einsatzgebiete der verschiedenen Methoden • erkennen die Zusammenhänge beginnend bei der Modellierung des Verhaltens von Einzelpartikeln in einem Fluid, über die Kontinuumsmechanik bis zur Modellierung großindustrieller Prozesse. • erkunden in einem Kleinprojekt aktiv ein in der Vorlesung behandeltes Themengebiet 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	

1	Modulbezeichnung 45350	Nanotechnology of Disperse Systems (Nanotechnology of disperse systems)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	<p>Vorlesung mit Übung: Nanotechnologie disperser Systeme (2 SWS)</p> <p>Übung: Nanotechnology of Disperse Systems - Exercises (1 SWS)</p> <p>Vorlesung: Nanotechnology of Disperse Systems: Synthesis, Formation Mechanisms and Applications of Mesocrystals (0 SWS)</p>	<p>5 ECTS</p> <p>-</p> <p>-</p>
3	Lehrende	Dr. Monica Distaso Prof. Dr. Robin Klupp Taylor	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Robin Klupp Taylor	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to nanodisperse systems and their broad fields of application and research • Summer semester only: Parallel lecture blocks (Block 1 (non-MAP) - Optoelectronic properties of nanodisperse systems, Block 2 (MAP) - Synthesis, properties and applications of mesocrystals) • Winter semester only: Optoelectronic properties of nanodisperse systems • Magnetic properties of nanodisperse systems • Ex situ and in situ characterisation of nanoparticles (Optical methods; Electron microscopy; Scanning probe microscopy; Spectroscopy) • Fundamental aspects of the preparation of nanodisperse systems (Thermodynamic fundamentals; Hydrolysis and polycondensation (metal oxides); Redox-reactions (metals); Solvothermal/Hydrothermal synthesis; Control of particle size and morphology) • Synthesis and properties of carbon nanotubes • Industrial methods of nanoparticle synthesis 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>On completion of the lecture course students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identify major applications and research fields of nanodisperse systems • Identify and explain the fundamental theories of nucleation and growth and colloidal stability • Differentiate between different approaches for the preparation of nanodisperse systems • Select metal and metal oxide precursors and oxidizing/reducing agents according to their thermodynamic properties. • Give examples of means to control nanoparticle size, shape and agglomeration state • Distinguish between different characterization tools according to their advantages and disadvantages for the analysis of nanodisperse systems • Identify the influence of particle size on key physical properties 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Match physical properties of nanoparticles to current or emergent applications • Plan a presentation in which they compare and appraise recent research activities from the literature
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<p>Nanoparticles and nanotechnology in general</p> <ul style="list-style-type: none"> • Axelos, M.A. and van de Voorde, M.H. (2017) Nanotechnology in agriculture and food science, Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Full text • Diwald, O. Berger, T. (2021) Metal oxide nanoparticles: Formation, functional properties, and interfaces, Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Full text • Müller, B. and van de Voorde, M. (2017) Nanoscience and Nanotechnology for Human Health, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. Full text • Naitō, M., Yokoyama, T., Hosokawa, K., Nogi, K. (eds) (2018) Nanoparticle technology handbook, Elsevier, Amsterdam. Full text • Natelson, D. (2015) Nanostructures and Nanotechnology, Cambridge University Press, Cambridge. Full text • Sánchez-Domínguez, M. and Rodríguez Abreu, C. (2016) Nanocolloids: A meeting point for scientists and technologists, Elsevier, Amsterdam. Full text • Sharon, M. (ed) (2019) History of nanotechnology: From pre-historic to modern times, Wiley, Hoboken NJ USA. Full text <p>Optical properties of nanoparticles / nanophotonics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bohren, C.F. and Huffman, D.R. (1993 (1998[printing])) Absorption and scattering of light by small particles, Wiley, New York, Chichester. Full text

- Gaponenko, S. V. Introduction to nanophotonics, 2010, (Full text)
- Pelton, M. and Bryant, G.W. (2013) Introduction to metal-nanoparticle plasmonics, Wiley; Science Wise Publishing, Hoboken, New Jersey. Full text
- Quinten, M. (2011) Optical properties of nanoparticle systems: Mie and beyond, Wiley-VCH, Weinheim. Full text

Magnetic nanoparticles

- Gubin, S.P. (2009) Magnetic nanoparticles, Wiley-VCH, Weinheim. Full text
- Katz, E. (ed) (2020) Magnetic Nanoparticles, MDPI, Basel. Full text (open access)
- Rivas, J., Kolen'ko, Y.V., Bañobre-López, M. (2016) Magnetic Nanocolloids, in Nanocolloids, Elsevier, pp. 75–129. Full text

Nanoparticle characterisation

- Unger, W., Hodoroaba, V.-D., Shard, A. (2019) Characterization of nanoparticles: Measurement processes for nanoparticles Elsevier, Amsterdam. Full text

Nanoparticle synthesis

- Haumesser, P.-H. (2016) Nucleation and growth of metals: From thin films to nanoparticles, Elsevier, Amsterdam. Full text
- Mohan, S., Oluwafemi, S.O., Kalarikkal, N., Thomas, S. (2018) Synthesis of inorganic nanomaterials: Advances and key technologies, Woodhead Publishing, Oxford. Full text
- Sau, Tapan K, Rogach, Andrey L. Complex-shaped metal nanoparticles: bottom-up syntheses and applications, 2012 Wiley-VCH Full Text
- Thomas, Sabu et al. Colloidal Metal Oxide Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Applications, 2020 Elsevier Full Text
- Thota, S. and Crans, D.C. (2018) Metal nanoparticles: Synthesis and applications in pharmaceutical sciences, Wiley-VCH, Weinheim. Full text

1	Modulbezeichnung 45375	Polymer Science and Processing (Polymer science and processing)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Polymer Science and Processing (2 SWS) Vorlesung: Polymer Science and Processing (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Johannes Harrer Prof. Dr. Nicolas Vogel	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Nicolas Vogel	
5	Inhalt	<p>Introduction to polymer science with a broad focus on: Synthesis, characterization and processing of polymeric materials; Structure-property relationships at the molecular level, in the liquid and melt state and in the solid.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to macromolecules: definition of terms, special features of polymers, polymerization reactions, polymer architectures, Classifications of polymeric materials • Polymer synthesis: chain and step growth, living Polymerizations, catalytic polymerizations, copolymerizations • Characterizations: determination of molecular weights • Properties of polymers in the liquid state: thermodynamics of polymer solutions, conformations • Properties of polymers in the solid state: phase transitions, amorphous materials, semi-crystalline materials, elastomers • Processing of polymers: extrusions, injection molding processes, Additive manufacturing, fiber and film manufacturing • Special polymers and applications of polymeric materials 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • learn basic structure-property relationships of macromolecules and polymeric materials • are able to derive macroscopic material properties from molecular structures • develop the conceptual ability to adapt macroscopic properties by changing the molecular structure • learn basic skills in the synthesis, characterization and processing of polymer materials • have the ability to select an appropriate polymeric material for a given application • get an insight into current research activities in the field of polymer science 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	

10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Koltzenburg, Maskos, Nuyken, Polymere, Springer Spektrum 2014 • R. J. Young, P. A. Lovell, Introduction to Polymers, 3rd Edition. CRC Press 2011

1	Modulbezeichnung 45045	Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (Porous materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (2 SWS) Übung: Übung Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (1 SWS) Übung: Tutorial Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (1 SWS)	5 ECTS - -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Alexandra Inayat Prof. Dr. Martin Hartmann	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Martin Hartmann
5	Inhalt	In diesem Modul sollen wichtige spektroskopische Verfahren und ihre Anwendungsbereiche vorgestellt werden. Im ersten Teil der Veranstaltung wird eine kurze Einführung in die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung gegeben. Zunächst werden die Prinzipien der Methoden zur Strukturaufklärung auf molekularer Ebene besprochen, insbesondere der Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie. Im zweiten Teil der Veranstaltung wird die Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten vorwiegend mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) anhand verschiedener Beispiele konkret geübt. Dabei werden neben den Grundlagen der Spektroskopie von Feststoffen auch die verschiedenen Aspekte der In-situ-(Operando)-Spektroskopie und der Prozessanalytik mittels spektroskopischer Methoden konkreter vorgestellt. Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls sind Vorlesungen, Übungen und ein Praktikum. In den Vorlesungen werden die erforderlichen theoretischen Grundlagen für das Verständnis spektroskopischer Methoden vermittelt. Eng mit dem Vorlesungsstoff verzahnt werden in den Übungsgruppen und im Praktikum die Fähigkeit zur Aufnahme und Interpretation realer Spektren an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) geübt.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung • kennen die wichtigsten spektroskopischen Methoden und ihre Anwendung zur Charakterisierung von technischen Feststoffen, insbesondere Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-),

		<p>Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie</p> <ul style="list-style-type: none"> • wenden die theoretischen Aspekte in vielfältigen spezielleren, aber auch kombinierten Übungen zur Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) an • können Spektren selbstständig aufnehmen und an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) interpretieren und die Ergebnisse kritisch bewerten
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Spectroscopy in Catalysis An Introduction, J. Niemantsverdriet, 2007 • Characterization of Solid Materials and Heterogeneous Catalysts, M. Che, J.C. Viedrine (Eds.), Wiley-VCH 2012

1	Modulbezeichnung 45370	Produktanalyse (Product analysis)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Produktanalyse (1 SWS) Vorlesung: Produktanalyse (2 SWS)	- 4 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Johannes Walter Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Johannes Walter	
5	Inhalt	<p>The module introduces modern (optical) techniques for characterization of disperse systems in chemical engineering and materials science. The participants will learn general principles as well as where, when and on which time scale information on materials properties can be gained by the discussed methods. For disperse systems the latter can be for example particle size, particle shape, materials composition, electronic properties and surface chemistry as well as surface charge.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Materials Properties and Classification • Sampling, Error Sources and their Analysis • Definition and Determination of Particle Distribution, Size and Shape • Principles Optics and Diffraction I • Principles Optics and Diffraction II • Diffraction, Rayleigh-, Mie scattering • Static and Dynamic Light scattering • X-Ray Scattering and Applications • Zetapotential and its measurement with optical methods • Analytical Ultra-Centrifugation with Multi-Wavelength Optics • Nonlinear Optics at Interfaces and its Application • Color and its Measurement: UV-Vis and Fluorescence Spectroscopy • Infrared and Raman Spectroscopy including Surface-Enhanced Techniques • Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) • Scanning Probe Microscopy and Electron Microscopy 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • The participants will learn about the fundamentals of light-matter interactions and acquire the necessary skills to understand the working principles of the discussed experimental methods. • The participants will learn which material property is accessible by the discussed methods for product analysis as well as where and when each method can be applied. • The participants will learn on how to judge the results of an individual measurement technique and will learn about its inherent boundaries (e.g. resolution etc.) • The participants will learn where a combination of several techniques is more promising. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Principles of physics extended (9. ed., internat. student version); Authors: David Halliday, Robert Resnik, Jearl Walker; Wiley 2011 • Springer Handbook of Materials Measurement Methods; Authors: Horst Czichos, T. Saito, Smith Leslie; Springer 2006 (electronic access within FAU) • Nonlinear Optics; Author: Robert W. Boyd; Academic Press 2008

1	Modulbezeichnung 94480	Reinraumtechnik (Clean room technology)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Reinraumtechnik (2 SWS) Übung: Übung Reinraumtechnik (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Christian Lübbert Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert Prof. Dr. Ing. Eberhard Schlücker	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Geschichtliche Entwicklung der Reinraumtechnik • Reinraumklassen • Reinraumfilter • Struktur von Reinräumen • Klimaanlageanlagen • Kontamination • Reinraumkleidung • Medienversorgung / Entsorgung • Automatisierung • Wirtschaftlichkeit • Sicherheit • Anwendungen von Reinräumen • Grundlagen der Luftströmung • Strömungsformen im Reinraum • Strömungsoptimierung im Reinraum • Maschinen im Reinraum • Reinraummaterialien • Partikelmesstechnik • Filtertechnik 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die Grundlagen der Reinraumtechnik und deren Anwendung auf verschiedenste Gebiete der Naturwissenschaften • sind in der Lage, definierte Reinraumbedingungen diesen Anwendungsfällen selbständig zuzuordnen • kennen die Komponenten der Reinraumtechnik und verstehen ihre Auswirkung auf die Qualität eines Reinraumes • sind mit Sicherheitsanforderungen vertraut, kennen spezifische Verhaltensregeln und können diese in der Laborpraxis anwenden • sind zu einem späteren (eingeschränkten) Arbeiten im Reinraum qualifiziert 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	

10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • W. Whyte, Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation, Second Edition, Wiley & Sons 2010, ISBN 0-471-86842-6 • L. Gail, H.-P.Hortig, Reinraumtechnik, 2. Auflage, Springer 2004, ISBN 3-540-20542-X • L. Geil, U. Gommel, H. Weißsieker, Projektplanung Reinraumtechnik, Hüthig 2009, ISBN 978-3-7785-4004-6 • Cleanroom Microbiology for the Non-Microbiologist, David Carlberg, 2nd edition, CRC Press 2004, ISBN 0-8493-1996-X

1	Modulbezeichnung 45231	Rheologie / Rheometrie (Rheology/Rheometry)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Rheologie/Rheometrie - Übung (1 SWS) Vorlesung: Rheologie/Rheometrie (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Markus Neuner Prof. Dr. Andreas Wierschem	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Wierschem	
5	Inhalt	<p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und Lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheooptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt.</p> <p>Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden 	

		<ul style="list-style-type: none"> • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen, lernen typische Messfehler erkennen und beheben bzw. vermeiden.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluiddynamik der Biotechnologie.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) • M. Pahl, W. Gleißle, H.-M. Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995) • D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993) • M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer • J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008) • D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)

- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

1	Modulbezeichnung 42936	Self-organisation processes (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Self-organization Processes (2 SWS) Übung: Self-organization Processes (Exercise) (3 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Prof. Dr. Nicolas Vogel	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Engel
5	Inhalt	<p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes

		<ul style="list-style-type: none"> judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials gain insight into current research in the field of the lecture
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011.

1	Modulbezeichnung 45335	Trocknungstechnik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Trocknungstechnik (0 SWS) Vorlesung: Trocknungstechnik/Drying Technology (0 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apparateauslegung 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; • können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch	

16	Literaturhinweise	<p>1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014</p> <p>2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013</p> <p>Gehrmann, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009.</p>
----	--------------------------	--

Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik

1	Modulbezeichnung 94411	Thermische Verfahrenstechnik II (Focus module: Separation science and technology)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Vertiefung Thermische Verfahrenstechnik (VL) (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Detlef Freitag Prof. Dr. Matthias Thommes	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Matthias Thommes	
5	Inhalt	<p>Applikationen und Prozesse basierend auf Adsorption (inkl. PSA, TSA), zielgerichtete Adsorbenscharakterisierung, spez. chromatographische Verfahren,</p> <p>Sonderverfahren der Rektifikation, Anwendung von Hybridverfahren, ausgewählte Aspekte der Membrantechnologie, Trocknungsprozesse</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über vertiefende Fach- und Methodenkompetenzen aus dem Bereich der thermischen Verfahrenstechnik und Trennverfahren, • können thermische Prozesse selbständig beschreiben • sind mit den Details wichtiger Grundoperationen (Unit Operations) vertraut und können diese selbständig zur Lösung von Trennaufgaben in der Labor- und Industriepraxis anwenden; • sind fähig Experimente eigenständig zu planen und durchzuführen; • können die Ergebnisse der selbständig durchgeführten wissenschaftlichen Experimente protokollieren, analysieren, auswerten und kritisch diskutieren 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Vorheriger Besuch der Vorlesung Trennverfahren (Kernfach)	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich	
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	

Wahlpflichtmodule

Thermische

Verfahrenstechnik

1	Modulbezeichnung 45035	Adsorption: Fundamentals and Applications (Adsorption: Fundamentals and applications)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Adsorption: Fundamentals and Applications (0 SWS) Vorlesung: Adsorption: Fundamentals and Applications (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Carola Schlumberger Dr. Carlos Cuadrado Collados Prof. Dr. Matthias Thommes	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Matthias Thommes	
5	Inhalt	<p>1. Introduction and terminology</p> <p>2. Gas adsorptions basics and adsorbent materials</p> <p>3. Physisorption mechanisms</p> <p>4. Surface area determination</p> <p>5. Porosity and pore structure analysis of nanoporous materials</p> <p>5.1 Micropore analysis</p> <p>5.2 Mesopore analysis</p> <p>5.3 Macropore analysis : adsorption and liquid intrusion methods</p> <p>5.4. Characterization of hierarchically structured porous materials</p> <p>6. High pressure adsorption</p> <p>7. Surface chemistry effects on adsorption</p> <p>8. Adsorption and characterization in the liquid phase</p> <p>9. Adsorption of mixtures</p> <p>10. Adsorption applications in gas storage and separation</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students will</p> <p>achieve a deep understanding of the underlying mechanisms for the adsorption of fluids on powders and nanoporous materials</p> <p>know adsorption-based and complimentary techniques/methodologies for a reliable characterization of adsorbents for applications in separation, heterogeneous catalysis etc.</p>	

		<p>understand the basics of high pressure adsorption and corresponding applications in gas storage</p> <p>know selected, important principles of adsorption-based separation processes</p>
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 47810	Chemische Energiespeicherung (Energy storage chemical)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Chemische Energiespeicherung (2 SWS) Übung: Übung zur Chemischen Energiespeicherung (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Detlef Freitag Peter Leicht Jakob Söllner	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Detlef Freitag	
5	Inhalt	<p>Inhaltliche Schwerpunktthemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamische Grundlagen chemischer Energiespeicherung • Überblick über Energiespeichertechnologien (auch nicht chemisch) • Biogene Energieträger • Elektrochemische Grundlagen und Anwendungen für elektrochemische Energiespeicherung • Wasserstoffspeichertechnologien (Kompression, Verflüssigung, Adsorption) • Wasserstoffspeicherung durch chemische Bindung an Trägerstoff • Energiespeicherung durch Erzeugung von Brennstoffen • Wärmespeicherung 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über vertiefte Fach- und Methodenkompetenzen im Bereich der chemischen Energiespeicherung • sind mit den neusten Entwicklungen auf dem Gebiet der chemischen Energiespeicherung vertraut • können unterschiedliche Energiespeicher- und Energietransportkonzepte im Sinne einer Prozesskettenanalyse und unter Betrachtung der verfahrenstechnischen Aspekte miteinander vergleichen und bewerten • sind zur Beurteilung und Diskussion thermodynamischer und kinetischer Aspekte chemischer Energiespeicherkonzepte befähigt • sind in der Lage Potentiale, Energiedichten und Wirkungsgrade neuer Speichertechnologien und ansätze zu ermitteln • sind mit der interdisziplinären Arbeitsweise an der Schnittstelle von Ingenieurwissenschaften und Chemie vertraut • sind zum Einstieg in die industrielle Forschung und Entwicklung auf einem der aktuellsten Themengebieten im Bereich der "Energiewende" befähigt 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	

8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Huggins, R.A., Energy Storage, Springer, 2010

1	Modulbezeichnung 45071	Hochdrucktrenntechnik (High-pressure separation technologies)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Hochdrucktrenntechnik (VL) (2 SWS) Übung: Hochdrucktrenntechnik (UE) (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Detlef Freitag Dr.-Ing. Martin Drescher	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Martin Drescher	
5	Inhalt	<p>Vorstellung der vielfältigen Anwendungsgebiete und Einsatzmöglichkeiten hoch verdichteter Gase, angefangen von klassischen Feldern, wie der Hochdruck- Extraktion und Polymerisation, bis hin zu neueren Anwendungen und aktuellen Forschungsarbeiten, wie beispielsweise der Partikelerzeugung und Imprägnierung unter Hochdruck. Zum Verstehen der angewandten Techniken werden alle notwendigen Grundlagen auf dem Gebiet der nahe- und überkritischen Fluide erörtert. Anhand konkreter Stoffbeispiele aus Forschung und Anwendung werden die Vorteile der Technologien hervorgehoben.</p> <p>Gliederung:</p> <p>Grundlagen (nahe- und überkritische Fluide, Zustandsänderungen und -diagramme)</p> <p>CO₂, Phasengleichgewichte</p> <p>Hochdruck- Extraktion von Feststoffen und Flüssigkeiten</p> <p>(z.B. Entcoffeinierung von Kaffee und Tee, Hopfen- und Gewürzextraktion)</p> <p>Verfahren zur Druckbehandlung von Materialien (Entwesung, Imprägnierung, Färbung)</p> <p>Sicherheit, Kosten</p> <p>Hochdruckpolymerisation (Polyethylen)</p> <p>Hochdruckkristallisation (Diamantsynthese, Gashydrate)</p> <p>Analytische Verfahren</p> <p>Pulverherstellung (PGSS, GAS, SAS)</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> haben umfassende Kenntnisse im Bereich der nahe- und überkritischen Fluide, Phasengleichgewichte bei hohen Drücken und deren Anwendung in verfahrenstechnischen Anlagen zur Stofftrennung, der chem. Synthese bzw. der Behandlung von Materialien unter Hochdruck. 	

		<ul style="list-style-type: none"> • kennen die wichtigsten kommerziell betriebenen Anwendungen wie z.B. die Hochdruck-extraktion (z.B. Hopfen) und Polymerisation (Polyethylen) im Detail. • sind in der Lage verfahrenstechnische Konzepte für Aufgaben der Stofftrennung bzw. Produktkonfektionierung zu entwickeln, geeignete Prozessparameter (Druck, Temperatur) auszuwählen und die erforderlichen Berechnungen (Stoffbilanzen, Reaktionsausbeuten) durchzuführen. • kennen das hohe Anwendungspotential überkritischer Fluide in Zukunftstechnologien wie z.B. bei den Partikelsynthese-Verfahren und können entsprechende Prozesse konzipieren.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundkenntnisse in Physikalischer Chemie und Chemischer Thermodynamik
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>Vertiefend neben dem vorlesungsbegleitendem Material:</p> <p>G. Brunner, Gas Extraction, Steinkopff, Darmstadt, Springer New York, 1994</p> <p>E. Stahl, K.-W. Quirin, D. Gerard, Verdichtete Gase zur Extraktion und Raffination, Springer Verlag 1987</p> <p>M.B. King, T.R. Bott, Extraction of Natural Products using Near- Critical Solvents, Chapmann & Hall 1993</p> <p>R. Eggers (Hrsg), Industrial high pressure applications, Wiley-VCH, Weinheim 2012</p>

1	Modulbezeichnung 45081	Membranverfahren (Membrane processes)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (1 SWS) Vorlesung: Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit
5	Inhalt	<p>Membranverfahren finden vielfältige Anwendung in der chemischen, biotechnologischen und medizinischen Technik, wie z.B. in der Meerwasserentsalzung und Abwasseraufbereitung, für die Trennung organischer Stoffgemische und Produktion von Spezialchemikalien, bei der Aufbereitung von Gemischen aus biotechnologischen Produktionen oder der therapeutischen Blutreinigung.</p> <p>Membranverfahren zeichnen sich dabei durch hohe Leistungsfähigkeit, Selektivität und Zuverlässigkeit aus. Daneben sind sie in hohem Maße "kompatibel" zu anderen Trenn- und Reaktionsprozessen, so dass sie gezielt zu deren Intensivierung in hybriden und reaktiven Trennverfahren eingesetzt werden können.</p> <p>In Rahmen des Moduls werden die technisch relevanten Membrantrennverfahren Umkehrosmose, Nanofiltration, Ultrafiltration, Mikrofiltration, Dialyse, Pervaporation, Gas-Trennung und Elektrodialyse behandelt sowie neuere Entwicklungen vorgestellt. Die Membranverfahren werden ausgehend von ihren physikalisch-chemischen Grundlagen bis hin zur Auslegung technischer Prozesslösungen besprochen, sowie technisch bereits realisierte Verfahren analysiert. Neben typischen Anwendungen wie z.B. der Wasseraufbereitung werden vorwiegend technische Membranverfahren für chemische und biotechnologische Anwendungen vorgestellt. Es wird dabei die Fähigkeit vermittelt, für gegebene Problemstellungen geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, optimierte Prozessparameter für verschiedene Apparate und Stoffsysteme abzuleiten, sowie eine Bewertung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit vorzunehmen.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Mikrofiltration 3. Ultrafiltration 4. Nanofiltration 5. Umkehrosmose

		<p>6. Dialyse und künstliche Niere</p> <p>7. Pervaporation</p> <p>8. Gaspermeation</p> <p>9. Elektrodialyse</p> <p>10. Donnan-Dialyse</p> <p>11. Aktuelle Forschungsgebiete</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten Membranverfahren und ihre Anwendungsgebiete, • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen und Prozess-Performance, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen, • sind in der Lage, geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und ihre Wirtschaftlichkeit zu bewerten.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundkenntnisse in thermischen Trennverfahren, Bioseparations oder Downstream Processing
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>Weiterführende Literatur bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • R.W. Baker, Membrane Technology and Applications, Wiley, 2004 (besonders empfohlen) • T. Melin, R. Rautenbach, Membranverfahren - Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, Springer, 2007

1	Modulbezeichnung 97350	Messmethoden der Thermodynamik (Measurement techniques in thermodynamics)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (2 SWS) Übung: Exercise in Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Franz Huber	

4	Modulverantwortliche/r	Simon Aßmann Dr.-Ing. Franz Huber Kristina Rauh Prof. Dr.-Ing. Stefan Will
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution; • geometric optics; lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers; • photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution; • shadowgraphy and schlieren techniques; • elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing); • Raman scattering (species concentration, temperature, diffusion); • incandescence (thermal radiation, pyrometry, particles); • velocimetry (flow fields); • absorption, fluorescence (temperature, species, concentration)
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics • are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Bioengineering, Mechanical Engineering, Life

		Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Lecture Slides • Bräuer, Andreas: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015

1	Modulbezeichnung 42935	Optical diagnostics in energy and process engineering (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (2 SWS) Übung: Exercise in Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Franz Huber	

4	Modulverantwortliche/r	Simon Aßmann Dr.-Ing. Franz Huber Kristina Rauh Prof. Dr.-Ing. Stefan Will	
5	Inhalt	<p>Introduction to conventional and novel optical techniques to measure state and process functions in thermodynamical systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution • Geometric optics and optical devices • Lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers • Photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution • Shadowgraphy and Schlieren techniques (flow and mixing) • Elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing) • Raman scattering (species concentration, temperature, diffusion) • Incandescence (thermal radiation, temperature fields, pyrometry, particle sizing) • Velocimetry (flow fields, velocity) • Absorption (temperature, pressure, species, concentration) • Fluorescence and phosphorescence (temperature, species, concentration) 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics 	

		<ul style="list-style-type: none"> are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Bioengineering, Mechanical Engineering, Life Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> Lecture Slides Bräuer, Andreas: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015

1	Modulbezeichnung 45470	Phasengleichgewichte (Phase equilibrium)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Phasengleichgewichte (VL) (2 SWS) Übung: Phasengleichgewichte (UE) (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr. Liudmila Mokrushina	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Liudmila Mokrushina	
5	Inhalt	<p>Das Modul vermittelt den Umgang mit und die Auswahl von unterschiedlichen Ansätzen und Methoden zur Modellierung von Phasengleichgewichten.</p> <p>Zuerst werden die allgemeinen Grundlagen der Phasengleichgewichtsthermodynamik wiederholt. Anschließend wird die Ermittlung von thermodynamischen Stoffdaten diskutiert. In drei Blöcken werden unterschiedliche Strategien zur Berechnung von Dampf-flüssig und Flüssig-flüssig Phasengleichgewichten vorgestellt und am Computer geübt. Die drei Blöcke werden gebildet aus den Zustandsgleichungen, den Aktivitätskoeffizientenmodellen und der Verknüpfung der Thermodynamik mit der Quantenchemie. Vermittelt werden sollen vor allem Verständnis und Gefühl für Vorteile und Nachteile der verschiedenen Strategien und Modelle. Besonderer Wert wird auf die praktische Arbeit am Computer gelegt. Im Vordergrund stehen die Ermittlung von Stoffdaten, die Berechnung von Phasengleichgewichten, die Konstruktion von Molekülgeometrien und die Durchführung quantenchemischer Rechnungen.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ermitteln selbständig Stoffdaten • kennen unterschiedliche Verfahren zur Beschreibung von Phasengleichgewichten • können die Daten zur Beschreibung von Phasengleichgewichten auf unterschiedliche Weise vorhersagen und die so gewonnenen Daten kritisch evaluieren 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	

1	Modulbezeichnung 92890	Technische Chromatographie (Technical chromatography)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Technische Chromatographie (0 SWS) Übung: Übung zu Technische Chromatographie (0 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit Peter Leicht Malvina Supper	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit
5	Inhalt	<p>Die technische Chromatographie ist ein sehr leistungsfähiges Trennverfahren, das insbesondere für schwierige Trennaufgaben genutzt wird. Sie hat große Bedeutung bei der Produktion von z.B. Feinchemikalien, Pharmazeutika und biotechnologischen Produkten. Chromatographische Prozesse werden periodisch betrieben, was ihre Entwicklung und Auslegung anspruchsvoll macht. Andererseits bieten sie viele Freiheitsgrade, was besonders innovative Verfahrenskonzepte ermöglicht.</p> <p>Die Vorlesung vermittelt eine ingenieurwissenschaftliche Sicht auf die Chromatographie. Behandelt werden die wesentlichen Grundprinzipien und Prozesskonzepte. Der Einfluss physiko-chemischer Vorgänge auf Prozessdynamik und -Performance wird im Rahmen der modellbasierten Auslegung entsprechender Verfahren diskutiert. Wichtige apparative und anwendungsbezogene Aspekte werden anhand relevanter Beispiele erläutert.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Einleitung 2 Grundlegende Prinzipien 3 Prozessdynamik unter idealen Bedingungen 4 Prozessdynamik unter realen Bedingungen 5 Modellierung chromatographischer Prozesse 6 Auslegung und Optimierung chromatographischer Verfahren 7 Innovative Verfahrenskonzepte 8 Anwendungsbereiche der Chromatographie
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten chromatographischen Verfahren und ihre Anwendungsgebiete, • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen, Chromatogrammen und Prozess-Performance,

		<ul style="list-style-type: none"> • verstehen grundlegend die nichtlineare Dynamik chromatographischer Prozesse, • kennen gebräuchliche Prozessmodelle und können sie problemabhängig auswählen, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen, • sind in der Lage, chromatographische Verfahren konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und zu bewerten.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>Vertiefend neben dem angebotenen vorlesungsbegleitenden Material bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schmidt-Traub, Schulte, Seidel-Morgenstern (Eds.), Preparative Chromatography of Fine Chemicals and Pharmaceutical Agents (2nd ed), Wiley-VCH, 2012 • Guiochon, Shirazi, Felinger, Katti, Fundamentals of Preparative and Nonlinear Chromatography Academic Press, 2006

1	Modulbezeichnung 44960	Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (Thermophysical properties of working materials in process and energy engineering)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Thomas Manfred Koller Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Thomas Manfred Koller
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik • Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung • Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit • Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken • Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften • Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken • Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung • Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen <p>*Content*</p> <ul style="list-style-type: none"> • The importance of thermophysical properties in process and energy engineering • Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc. • Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion

		<p>coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases • Correlation and prediction of thermophysical properties • Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques • Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling • Development of thermal and caloric equations of state
6	<p>Lernziele und Kompetenzen</p>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut, • verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus, • kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe, • sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken, • verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten und • wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus. <p>*Education objectives and competences*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are aware of the importance of thermophysical properties in process and energy engineering in the form of equilibrium and transport properties, • use various sources for thermophysical properties (scientific literature, table compilations, databases, correlations, predictions, theoretical and experimental determination) independently and select the respective sources in a use-oriented way considering the resulting effort and benefit, • know the approaches for the correlation and prediction of thermophysical properties as well as for developing equations of state, and are able to transfer these approaches to other systems,

		<ul style="list-style-type: none"> • are familiar with experimental methods for the determination of thermophysical properties, in particular with laser-optical methods, • understand the basics of the use of molecular modeling for the theoretical determination of thermophysical properties, • select working materials with defined thermophysical properties for an optimized design of processes in energy and process engineering.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung</p> <p>Basic knowledge on Engineering Thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer</p>
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1;2;3;4
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987 • Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987 • Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991 • R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995 • R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997 • M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsooakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996 • Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996 • J. M. Haile, Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997 • G. Grimvall, Thermophysical Properties of Materials, Elsevier, Amsterdam, 1999

- J. A. Wesselingh, R. Krishna, Mass Transfer in Multicomponent Mixtures, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- Diffusion in Condensed Matter, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- Applied Thermodynamics of Fluids, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

Vertiefungsmodulgruppe Energieverfahrenstechnik

1	Modulbezeichnung 94270	Energieverfahrenstechnik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Energy Process Technology (2 SWS) Übung: Exercise Energy Process Technology (1 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr. Andreas Hornung	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Hornung	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Energy process technologies in context of the German Energiewende • Conversion of fuels - fundamentals • Thermal conversion processes new approaches • Pyrolysis • Gasification • Combustion • Fuel cells • Decentralised energy systems • System integration • CO2 negative power production • Requirements for the introduction of low grade, ash rich feeds into energy conversion processes 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the fundamentals in energy process technologies • know how to integrate technologies to adapt to new demands driven by policy • assess synergies in combination of technologies • discuss pro and cons of decentralized systems 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • script • Hornung, Transformation of Biomass, Wiley 	

Wahlpflichtmodule

Energieverfahrenstechnik

1	Modulbezeichnung 48391	Advanced electrochemistry - from fundamentals to applications (Advanced electrochemistry - From fundamentals to applications)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Tutorial Advanced electrochemistry from fundamentals to applications (1 SWS) Vorlesung: Advanced electrochemistry from fundamentals to applications (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Dr. Serhiy Cherevko Prof. Dr. Karl Mayrhofer	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Karl Mayrhofer	
5	Inhalt	<p>The module advanced electrochemistry provides a fundamental insight into</p> <p>electrochemical systems and discuss advanced electrochemical methods. Based on this knowledge,</p> <p>students will be able to understand electrochemical problems, suggest methods to solve them and</p> <p>understand the background of many practical electrochemical systems and applications, required for the</p> <p>understanding of electrochemical reactor technology. They will also get an insight into the fundamental</p> <p>research problems of modern electrochemistry.</p> <p>Practical electrochemical systems will be discussed that are either already of great</p> <p>economic importance or will become crucial in future applications. Students</p> <p>will gain knowledge on the most relevant applied electrochemical research topics, will have a clear view</p> <p>on the versatility of electrochemical devices and have an understanding of electrochemistry based</p> <p>energy systems and their potential. Several technologies of importance in energy conversion systems</p> <p>and the production of added-value chemicals like electrolysers, fuel cells, flow batteries,</p> <p>supercapacitors, chloralkali process, organic electrosynthesis, aluminum production, but also corrosion,</p>	

		<p>metal deposition, electroanalysis, electrochemical sensors, lithography galvoforming, semiconductors,</p> <p>information storage, bioelectrochemistry, photoelectrochemistry, conducting polymers, will be</p> <p>discussed.</p> <p>Setup of the module:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electrochemical thermodynamics (5 lectures) introduction (scope and role of electrochemistry, short history), electrochemical potentials, Nernst-equation, electrodes, conductance, transference number, mobility, solvation of ions, the Born-equation, Debye-Hückel theory, junction potentials, ion selective electrodes (concept of pH, the glass electrode, other ion selective electrodes), transport phenomena, electrified interfaces: double layer theories, adsorption (adsorption isotherms), surface excesses, electrocapillary equation, electrokinetic properties • Electrochemical kinetics (3 lectures) Tafel-equation, Butler-Volmer equation, theories of electron transfer, transition state theory, introduction to electrocatalysis (single crystals), rate-coverage relations • Electrochemical methods (7 lectures) electrochemical cells/ reactors, electrochemical instrumentation, potential step methods, potential sweep methods, galvanostatic methods, stripping analysis, hydrodynamic methods (RDE, RRDE), impedance (1 lecture), scanning techniques (electrochemical STM, SECM, SFC, AFM), electrochemistry coupled with spectroscopic techniques (in situ spectroelectrochemical techniques: UV-VIS, IR, X-ray, Raman etc), mass spectrometry, EQCM etc; intro to the second semester courses
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the thermodynamic and kinetic fundamentals of electrochemical processes • know of modern electrochemical methods and their application • critically read electrochemical literature • understand the principles of various electrochemical technologies • discuss electrochemical energy conversion approaches and their future potential • critically assess the current issues of implementation • understand the importance of electrochemical technologies in various fields
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Electrochemical methods: fundamentals and applications by A. J. Bard, L. R. Faulkner, 2nd ed., Wiley, 2000 • Elektrochemie by C. H. Hamann, W. Vielstich, 4th ed., Wiley, 2005 • Electrochemistry Principles, Methods, and Applications by C. M. A. Brett und A. M. O. Brett. Oxford University Press, 1993 • Electrode kinetics for chemists, chemical engineers, and materials scientists by E. Gileadi, Wiley-VCH, 1993 • Industrial Electrochemistry by D. Pletcher, F.C. Walsh, 2nd ed., Springer, 1990 • Electrochemical Engineering: Science and Technology in Chemical and Other Industries by H. Wendt, G. Kreysa, Springer, 2013 • Fundamentals of Electrochemistry by V. S. Bagotsky, 2nd ed., Wiley, 2005

1	Modulbezeichnung 45291	Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zur Angewandten Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) für CBI, MB und ET (1 SWS) Vorlesung: Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) für CBI, MB und ET (Vorlesung) (2 SWS) Exkursion: Exkursion zur Vorlesung Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (1 SWS)	2 ECTS 3 ECTS 1 ECTS
3	Lehrende	Lukas Strauß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing	
5	Inhalt	<p>Motorische Verbrennung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Funktionsweise von Hubkolbenmotoren im Vergleich zu anderen Wärmekraftmaschinen, 2- und 4-Taktverfahren, Otto- und Dieselmotoren, Regelungsverfahren, Marktsituation • Bauformen von Verbrennungsmotoren • Kraftstoffe und ihre Eigenschaften, Kraftstoff-Kenngrößen in der motorischen Verbrennung • Kenngrößen von Verbrennungsmotoren • Konstruktionselemente: Zylinderblock, Zylinderkopf, Kurbeltrieb, Kolbenbaugruppe, Ventiltrieb, Steuertrieb • Motormechanik: Mechanische Belastungen am Beispiel des Massenausgleichs in Mehrzylindermotoren und des Ventiltriebs • Thermodynamik des Verbrennungsmotors: Vergleichsprozessrechnung offene und geschlossene Vergleichsprozesse • Ladungswechsel, Kenngrößen des Ladungswechsels, Aufladung von Verbrennungsmotoren: Turbo- und mechanische Aufladung • Einspritz- und Zündsysteme, Steuerung- und Regelung von Verbrennungsmotoren • Gemischbildung / Verbrennung / Schadstoffe in Otto- und Dieselmotoren, gesetzl. vorgeschriebene Prüfzyklen <p>Brennstoffzellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Aufbau einer Brennstoffzelle • Thermodynamik der Brennstoffzelle • Einordnung Brennstoffzellentechnologie in Transport und Verkehr • Verschiedene Arten von Brennstoffzellen • Alterungsvorgänge von Brennstoffzellen • Fahrzeugperipherie von Brennstoffzellen 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Zukünftige Brennstoffzellensysteme <p>Batterieelektrische Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterietechnik: Grundlagen • Ladeverhalten von Li-Ionen-Akkus • Alterungsvorgänge von Li-Ionen-Akkus • BEV – Aufbau bis Stand der Technik • Zukunftstechnologien
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Grundlagen, Begriffe und Kenngrößen der Motoren, Brennstoffzellen- und Akkumulatortechnik • Kennen Bauformen und Prozessführung von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen • Kennen die Bauteile/Baugruppen, Bauformen und wesentliche Berechnungsverfahren von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen (inkl. Peripherie) und batterieelektrischen Systemen und können diese anwenden und weiterentwickeln • Können Zusammenhänge zwischen Kraftstoffeigenschaften und motorischen Brennverfahren und Maschinenausführungen herstellen und weiterentwickeln • Können Wirkungsgrade unterschiedlicher Antriebssysteme anhand von (Vergleichs#)Prozessrechnungen analysieren, bewerten und weiterentwickeln • Kennen Ladungswechselsysteme für Otto- und Dieselmotoren, deren Eigenschaften und Kenngrößen, kennen Auflade-Systeme und grundlegende Berechnungen von Auflade-Systemen • Kennen typische Gemischbildungs- und Zündsysteme, Regelverfahren von Verbrennungsmotoren • Kennen Peripherie- und Versorgungssysteme von Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen und können grundlegende charakteristische Größen berechnen
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Merker, Teichmann(Hrsg.): Grundlagen Verbrennungsmotoren, Springer (2018) • van Basshuysen, Schäfer (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor, Springer (2017) • Heywood: Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill (1988) • Pischinger, Klell, Sams: Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine, Springer (2009) • Ganesan: Internal Combustion Engines, McGraw-Hill (2015) • Reif (Hrsg.): Dieselmotor-Management, Springer (2012) • Reif (Hrsg.): Ottomotor-Management im Überblick, Springer (2015) • Tschöke, Mollenhauer, Maier (Hrsg.): Handbuch Dieselmotoren, Springer (2018) • O'Hayre, Cha, Colella, Prinz: Fuel Cell Fundamentals, Wiley & Sons (2016) • Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, Springer (2013) • Barbir: PEM Fuel Cells, Elsevier (2013) • Kampker, Vallée, Schnettler: Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer (2018)

1	Modulbezeichnung 42917	Clean combustion technology (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Clean Combustion Technology (2 SWS) Übung: Exercises in Clean Combustion Technology (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Stefan Will Kristina Rauh Simon Aßmann Florian Bauer Florian Bauer	

4	Modulverantwortliche/r	Simon Aßmann Prof. Dr.-Ing. Stefan Will	
5	Inhalt	Introduction to combustion technology: fundamentals, laminar flames, turbulent flames, combustion modeling , pollutant formation, application. Introduction to numerical simulation of flows with combustion.	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students will...</p> <ul style="list-style-type: none"> • gain in-depth technical and methodological knowledge in combustion technology, combustion modeling, pollutant formation and engineering applications • are able to characterize different flame types and evaluate technical applications with respect to efficiency and pollutants • can describe global reaction equations as well as simple flames with thermodynamic conservation equations • are familiar with the interdisciplinary approach at the interface of fluid mechanics, thermodynamics and reactive flows • have an understanding of methods of experimental and numerical combustion analysis • are capable of entering university as well as industrial research and development in current topics of energy engineering • are familiar with the development in the field of applicative and engineered combustion systems 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Basic knowledge of thermodynamics and fluid mechanics is recommended. Also suitable for students in other disciplines (chemistry, physics, mathematics, mechanical engineering, mechatronics, computational engineering).	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	

14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Verbrennung", 3. Auflage, Springer-Verlag, 2001 • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Combustion", 4th Edition, Springer-Verlag, 2006 • Joos, F. "Technische Verbrennung", Springer-Verlag, 2006

1	Modulbezeichnung 96509	Digitalisierung in der Energietechnik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Digitalisierung in der Energietechnik (0 SWS) Vorlesung: Vorlesung Digitalisierung in der Energietechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Dominik Müller Thomas Plankenbühler Julian Nix	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls wird den Studierenden das Themenfeld der Digitalisierung in der Energietechnik nähergebracht. Hierfür wird in einer sehr praxisbezogenen Ausgestaltung der Lehrveranstaltungen das notwendige Fachwissen für die Vernetzung von Industriesteuerungen und die Datenarchivierung und -Visualisierung vermittelt. Schließlich folgt eine Einführung in die Anwendung von KI-Paketen mittels der Programmiersprache Python.</p> <p>Teil 1 - Einführung / Grundlagen der Mess- und Regelungstechnik</p> <p>Teil 2 - Grundlagen von SPS-Steuerungen (Historie, Aufbau, Funktion, Programmierung), Aufbau Anlagennetz</p> <p>Teil 3 - Kommunikationsprotokolle (OPC, OPC-UA, Modbus, CAN. etc.)</p> <p>Teil 4 - Einführung in SQL</p> <p>Teil 5 - Regelungskonzept für industrielle Anlagen (Beispiel "Feuerungs-Leistungsregelung")</p> <p>Teil 6 - Visualisierung & HMI</p> <p>Teil 7 - Einführung in die KI / Grundlagen Datenmanagement und Explorativer Datenanalyse</p> <p>Teil 8 - Explorative Datenanalyse und Data Mining</p> <p>Teil 9 - Machine Learning und einfache Prognosemodelle</p> <p>Teil 10 - Deep Learning und Neuronale Netze</p> <p>Teil 11 - Einführung in IT-Sicherheit</p> <p>Teil 12 - Ausblick in aktuelle Themen des Lehrstuhls / Zusammenfassung / Fragerunden</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> Vermittlung von stark praxisbezogenem Wissen als Einstieg in den Themenkomplex der Digitalisierung 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Überwinden der Berührungsängste vor den stark informatiklastigen Querschnittsthemen • Verstehen von Sorgen und Nöten von beteiligtem Personal (Anlagenautomatisierer, IT-Beauftragte, Anlagenfahrer bis hin zur Geschäftsführung) als Einstieg in die Planung und Abwicklung von Digitalisierungsprojekten • Erlernen von Grundlagen in Anlagenkommunikation, Datenspeicherung und Python(KI-Paketen)
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 47770	Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen (Energetic use of biomass and waste)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen (2 SWS) Übung: Seminar zur Energetischen Nutzung von Biomasse und Reststoffen (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl Johannes Lukas	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls werden die Möglichkeiten und Rahmenbedingungen für die energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen behandelt. Zuerst werden Konzepte zur Nutzung biogener Stoffe und zur Entsorgung von Reststoffen vorgestellt. Neben konventionellen Nutzungskonzepten für die Wärme- und Stromerzeugung werden auch innovative Konzepte wie Vergärung, Pyrolyse und Vergasung, die Herstellung von Treibstoffen und die Anwendung neuer Technologien wie Brennstoffzelle, ORC-Prozess und Stirlingmotor behandelt:</p> <p>Teil 1 - Einführung</p> <p>Teil 2 - Wärmeerzeugung aus biogenen Brennstoffen</p> <p>Teil 3 - Stromerzeugung mit Verbrennungsanlagen</p> <p>Teil 4 - Stromerzeugung mit Vergärung</p> <p>Teil 5 - Stromerzeugung mit thermischer Vergasung</p> <p>Im weiteren Verlauf des Moduls werden die verfahrenstechnischen Grundlagen dieser Konzepte behandelt. Dabei stehen vor allem technologische Probleme bei Verbrennung und Vergasung verschiedenster Brennstoffe und die Brennstofflogistik im Vordergrund:</p> <p>Teil 6 - Verbrennung von Biomasse</p> <p>Teil 7 - Vergasung von Biomasse</p> <p>Teil 8 - Herstellung von Treibstoffen aus Biomasse</p> <p>Parallel dazu werden die Planung und die Wirtschaftlichkeit von Anlagen für die Nutzung von Biomasse thematisiert. Das Ziel ist die Durchführung und Präsentation einer Vorstudie (Grundlagenermittlung und Vorstudie) für ein selbst gewähltes Beispiel.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden	

		<ul style="list-style-type: none"> • analysieren und bewerten aktuelle Technologien und Konzepte zur Nutzung von Biomasse • wenden die Grundlagen zur Planung von Biomasseversorgungsanlagen an • präsentieren überzeugend die Planungsergebnisse und regen die Zuhörer zur Diskussion an
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Karl, Dezentrale Energiesysteme, Oldenbourg Verlag Kaltschmitt, Energie aus Biomasse, Springer Verlag

1	Modulbezeichnung 47790	Energiewirtschaft und Umweltrecht (Energy management and environmental law)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Vorlesung Energiewirtschaft und Umweltrecht (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Julian Nix Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls werden aktuelle Problemstellungen der Energiewirtschaft und der Umweltgesetzgebung behandelt. Insbesondere werden im ersten Teil die Kosten verschiedener Konzepte und Technologien zur Energieversorgung verglichen und diskutiert:</p> <p>Teil 1: Energieversorgung des 21. Jahrhunderts</p> <p>Grundlagen der konventionellen Strom- und Wärmeerzeugung</p> <p>Wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Energiewandlung</p> <p>Finanzierungsmodelle für die Energiewirtschaft</p> <p>Der zweite Teil befasst sich mit den gesetzlichen Rahmenbedingungen der Energiewirtschaft:</p> <p>Teil 2: Gesetzliche Rahmenbedingungen</p> <p>Umweltrechtliche Rahmenbedingungen (Bundesimmissionsschutzgesetze und Verordnungen, TA Luft, Emissionshandel, Energieeinsparverordnung, Umweltverträglichkeitsprüfung)</p> <p>Förderpolitische Maßnahmen (EEG, KWK-Gesetz, Ökosteuer, Energiewirtschaftsgesetz)</p> <p>Richtlinien zum Netzbetrieb (DVGW-Richtlinien, Einspeiseverordnung, Verbändevereinbarung)</p> <p>Im dritten Teil werden Szenarien für eine künftige Energiewirtschaft diskutiert:</p> <p>Teil 3 Szenarien für die künftige Energieversorgung</p> <p>Netze und Versorgungssicherheit</p> <p>Speichertechnologien</p> <p>Virtuelle Kraftwerke</p>	

		Darüber hinaus wird eine dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung (Liquiditätsplanung) für eine Energieversorgungsanlage anhand eines selbstgewählten Beispiels durchgeführt und präsentiert. Zudem wird anhand konkreter Aufgabenstellungen mit Gesetzestexten (z.B. Ermittlung von Emissionsgrenzwerten) geübt. Die Studierenden erlernen die wirtschaftliche Beurteilung verschiedener Optionen zur Energieversorgung und den Umgang mit den für die Energiewirtschaft relevanten Gesetzestexten.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • können verschiedene Optionen zur Energieversorgung wirtschaftlich beurteilen • können mit den für die Energiewirtschaft relevanten Gesetzestexten umgehen • können unterschiedliche Szenarien für die künftige Energieversorgung erläutern • können eine dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung selbständig durchführen
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 42918	Fuel cells and electrolyzers (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Fuel cells and electrolyzers (2 SWS) Übung: Fuel cells and electrolyzers (Exercises) (3 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Simon Thiele	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Simon Thiele	
5	Inhalt	Fuel cell (FC) and electrolysis cell (ECs) <ul style="list-style-type: none"> • Application areas • Thermodynamic boundary conditions • Electrochemical basics • Kinetics • Transport processes • State of the art • Characterisation techniques • Open questions and scientific challenges 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students <ul style="list-style-type: none"> • are able to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry • understand kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions • apply basic knowledge in thermodynamics and general chemistry • are familiar with basic concepts of electrochemical engineering for fuel cells and electrolyzers • can describe thermodynamics, kinetic effects and electrochemical foundations • understand limitations such as kinetic, ohmic or mass transport limitations • have a solid knowledge on the state of the art • know how to experimentally characterize cells • are able to deduce methods to improve cell technologies by analyzing experimental data 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	To succeed in this course, students will need to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry. Understanding of kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions should be familiar from physical chemistry classes. Basic knowledge in thermodynamics and general chemistry is beneficial.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	

11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • O'hayre, Ryan; Cha, Suk-Won • Prinz, Fritz B. • Colella, Whitney (2016): Fuel cell fundamentals: John Wiley & Sons.

1	Modulbezeichnung 47761	Regenerative Energien - Erzeugung, Integration, Speicherung (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Regenerative Energien Erzeugung, Integration, Speicherung (1 SWS)	-
3	Lehrende	Dr.-Ing. Marius Dillig Sebastian Kolb Natalia Luna-Jaspe Roa	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls werden aktuelle Problemstellungen der Integration und Transformation von Energiesystemen mit regenerativen Energien behandelt. Insbesondere werden Anlagentechnik, Speicher und Netzintegration vorgestellt und Ressourcenbewertungs-, Projektionsverfahren und Szenarioergebnisse verglichen und diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Ressourcenbewertung • Grundlagen von Prognose- und Projektionsverfahren • Photovoltaik, Anlagentechnik und Netzintegration • Windkraft, Anlagentechnik und Netzintegration • Regenerative Wärme: Anlagentechnik Geothermie / Biomasse • Grundlagen und Anlagentechnik von Energiespeichern • Netzintegration und Regelenergie mit EE • Integration und Transformation von Energiesystemen (Prof. Sterner) <p>Darüber hinaus wird ein Szenario zur Integration erneuerbarer Energieressourcen erstellt. Die theoretischen Inhalte zur Ressourcenbewertung, Anlagentechnik, Speichern und Systemintegration werden dabei an praktischen Beispielen angewandt und zu einem Systemmodell mit Hilfe der Software Simile zusammengebaut. Die Ergebnisse der Szenariorechnungen werden von den Studierenden im Rahmen einer abschließenden Posterpräsentation vorgestellt und mit den Dozenten diskutiert.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erlernen die Ressourcenbewertung, Anlagentechnik und Netzintegration von verschiedener reg. Energieträgern und Speichern. Sie lernen Projektionsverfahren zur Integration und Transformation von Energiesystemen kennen, wenden diese zur Modellerstellung und damit direkten praktischen Kompetenzerwerb selbstständig an und diskutieren und bewerten Prognoseergebnisse kritisch.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	

11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Karl; Dezentrale Energiesysteme; Oldenbourg-Verlag • Sterner, Stadler; Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration; Springer Verlag • Quaschnig; Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung Simulation; Carl Hanser Verlag

1	Modulbezeichnung 44960	Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (Thermophysical properties of working materials in process and energy engineering)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Thomas Manfred Koller Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Thomas Manfred Koller	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik • Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung • Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit • Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken • Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften • Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken • Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung • Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen <p>*Content*</p> <ul style="list-style-type: none"> • The importance of thermophysical properties in process and energy engineering • Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc. • Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion 	

		<p>coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases • Correlation and prediction of thermophysical properties • Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques • Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling • Development of thermal and caloric equations of state
6	<p>Lernziele und Kompetenzen</p>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut, • verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus, • kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe, • sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken, • verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten und • wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus. <p>*Education objectives and competences*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are aware of the importance of thermophysical properties in process and energy engineering in the form of equilibrium and transport properties, • use various sources for thermophysical properties (scientific literature, table compilations, databases, correlations, predictions, theoretical and experimental determination) independently and select the respective sources in a use-oriented way considering the resulting effort and benefit, • know the approaches for the correlation and prediction of thermophysical properties as well as for developing equations of state, and are able to transfer these approaches to other systems,

		<ul style="list-style-type: none"> • are familiar with experimental methods for the determination of thermophysical properties, in particular with laser-optical methods, • understand the basics of the use of molecular modeling for the theoretical determination of thermophysical properties, • select working materials with defined thermophysical properties for an optimized design of processes in energy and process engineering.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung</p> <p>Basic knowledge on Engineering Thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer</p>
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1;2;3;4
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987 • Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987 • Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991 • R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995 • R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997 • M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsooakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996 • Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996 • J. M. Haile, Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997 • G. Grimvall, Thermophysical Properties of Materials, Elsevier, Amsterdam, 1999

- J. A. Wesselingh, R. Krishna, Mass Transfer in Multicomponent Mixtures, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- Diffusion in Condensed Matter, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- Applied Thermodynamics of Fluids, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

1	Modulbezeichnung 43700	Transportprozesse (Transport processes)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Transportprozesse (2 SWS) Übung: Übung zu Transportprozesse (1 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing Chris Conrad Bastian Lehnert	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Transportvorgänge: Wärme-, Stoff-, und Impulsübertragung • Auf Basis der kinetischen Gastheorie werden Gleichungen zur Beschreibung von Transportvorgängen (allgemeine Transportgleichung, Fourier'sches Gesetz, Fick'sche Gesetze,) hergeleitet und für in der Technik typischen Geometrien und Randbedingungen angewandt • Herleitung von Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellung • Aufbereitung von Problemstellungen zur Lösung mit Rechnerunterstützung
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • haben vertiefende Kenntnisse in der Impuls-, Wärme, und Stoffübertragung • können Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellungen eigenständig herleiten • bereiten Aufgabenstellung zur Lösung am Rechner z.B. mit Hilfe von MatLab auf • erarbeiten projektbezogener Aufgaben am Beispiel von Miniprojekten
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 45310	Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (Thermal power plants and power plant technology)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (1 SWS)	2 ECTS
		Vorlesung: Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (2 SWS)	3 ECTS
3	Lehrende	Christian Wondra Jonas Miederer Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl	
5	Inhalt	<p>1. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen der Stromerzeugung</p> <p>2. Thermodynamische Grundlagen der Kraftwerkstechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dampfkraftprozesse, • Gasturbinenprozesse • Gasmotorenprozesse • Kombiprozesse <p>4. Kohlekraftwerke mit Carbon Capture and Sequestration (CCS)</p> <p>5. Dampfkraftprozesse für Erneuerbare Energien 6. Kernkraftwerke</p> <p>7. Organic Rankine Cycles für die Abwärmenutzung</p> <p>8. Gasturbinen- und hocheffiziente GUD-Kraftwerke</p> <p>9. Stationäre Gasmotoren für die Kraft-Wärme-Kopplung</p> <p>10. Carnot-Batterien</p> <p>Zur Vorlesung gehört eine Übung, in der mit der Programmiersprache Python einfache Kraftwerksprozesse programmiert werden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solarthermische Kraftwerke • Geothermische Kraftwerke • Biomasse-Kraftwerke 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen Technologien und Komponenten der Kraftwerkstechnik • haben einen grundlegenden Überblick über energiewirtschaftliche Fragen der Kraftwerkstechnik • analysieren Energieumwandlungsprozesse zur Erzeugung von elektrischer Energie in thermischen Kraftwerken • können technische Realisierung von Kraftwerken nachvollziehen und Vorschläge zur Optimierung erarbeiten und bewerten 	

		<ul style="list-style-type: none"> • wenden thermodynamische Prinzipien zur Prozessoptimierung an und können diese Methoden zur Prozessoptimierung weiterentwickeln • können thermodynamische Kreisprozesse mit der Programmiersprache Python berechnen
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Vorlesung Technische Thermodynamik
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Energieverfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>J. Karl, Dezentrale Energiesysteme, Oldenbourg Verlag</p> <p>K. Strauß, Kraftwerkstechnik, Springer Verlag</p> <p>H. Effenberger, Dampferzeugung, Springer-Verlag</p> <p>H. Spliethoff, Power generation from Solid Fuels, Springer-Verlag</p> <p>J. Karl, Klimawende, neobooks</p>

Vertiefungsmodulgruppe Simulation granularer und molekularer Systeme

1	Modulbezeichnung 94281	Simulation granularer und molekularer Systeme (Simulation of Granular and Molecular Systems)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Simulation granularer und molekularer Systeme (3 SWS) Übung: Simulation granularer und molekularer Systeme Übung (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Thorsten Pöschel	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Thorsten Pöschel	
5	Inhalt	<p>Die Lehrveranstaltung befasst sich mit der Simulation von Systemen vieler Teilchen mit Hilfe verschiedener numerischen Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Molekulardynamik (zeit- und ereignisgesteuert) • Diskrete-Element Methode (DEM) zur Simulation von granularen Systemen • Starrkörpersimulation als Alternative zu DEM • Partikelbasierte Fluidodynamik am Beispiel von Direct Simulation Monte-Carlo und Smoothed-Particle Hydrodynamics (SPH) 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den grundsätzlichen Methoden der numerischen Modellierung molekularer und granularer Systeme vertraut • besitzen vertiefte Kenntnisse bezüglich der verwendeten numerischen Methoden und der wichtigsten Algorithmen und Datenstrukturen • implementieren einzelne Aspekte dieser Methoden • modellieren einfache Systeme • können selbständig numerische Simulationen dieser Systeme durchführen und auswerten 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	Pöschel, Schwager: "Computational Granular Dynamics - Models and Algorithms", Springer, 2005	

Frenkel, Smit: "Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications", Academic Press, 2001

Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme

1	Modulbezeichnung 45400	Digitale Bildverarbeitung (Digital image processing)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Digitale Bildverarbeitung (2 SWS) Übung: Digitale Bildverarbeitung - Praktikum (0 SWS)	- -
3	Lehrende	Dr. Achim Sack Michael Blank	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Thorsten Pöschel
5	Inhalt	<p>Digitale Bildverarbeitung spielt eine immer größere Rolle bei der Durchführung und Auswertung von Messungen in Forschung, Entwicklung und Produktionsüberwachung.</p> <p>Das Modul vermittelt grundlegende und weiterführende Kenntnisse und Techniken zur selbständigen Lösung häufiger Problemstellungen bei der optischen Datennahme und -auswertung.</p> <p>Themen: Licht, Lichtquellen, Kameras, Optik, Aufnahmetechniken, Detektoren, Aberrationen, Digitale Bildtypen, Speicherformate, Abtasttheorem, Kompression, Filter, Rauschen, Kalibrierung, Fourier Transformation, Bildwiederherstellung, Korrelation, PIV, Tracking, Farbbilder, Wavelets, Morphologie, Segmentierung, Repräsentation, Abstraktion, Objekterkennung.</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden können selbstständig optische Daten aufnehmen und auswerten. Sie verstehen das Konzept der zugrundeliegenden Methoden.</p> <p>Unter anderem beherrschen und verwenden Sie Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zur selbstständigen Aufnahme und Verarbeitung digitaler Bilder • zur Filterung von Bildern im Orts- und Fourierraum • zur Segmentierung von Bildern • zur Objekterkennung und Klassifikation von Objekten • zur Objektverfolgung (PIV)
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 44650	Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING) (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (Ü) (1 SWS) Vorlesung: Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (V) (2 SWS)	2,5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Dr. Patric Müller	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Patric Müller	
5	Inhalt	<p>Die Vorlesungen und Übungen vermitteln ausgewählte Algorithmen aus den Bereichen maschinelles Lernen (ML) und künstliche Intelligenz (KI) auf Grundlagenniveau und illustrieren diese anhand von relevanten Anwendungsbeispielen. Besprochen werden unter anderem die folgenden Themengebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineare und logistische Regression • Regularisierung • Neuronale Netze • Support Vector Machines • Clustering • Dimensionsreduktion • Anomaly Detection • Reinforcement Learning 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studentinnen und Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen, was sich hinter den Schlagworten KI und ML verbirgt • verstehen wichtige Algorithmen aus den Bereichen KI und ML und können diese in Ihrer einfachsten Form selbst implementieren • kennen typische, im Bereich der Verfahrenstechnik relevante Anwendungsbeispiele von KI und ML • verstehen a) was KI und ML leisten kann und b) wo KI und ML im eigenen Fachbereich angewendet werden können • sind fähig, sich speziellere KI- und ML-Algorithmen und Anwendungen eigenständig zu erschließen • sind in der Lage die hochaktuellen Themen KI und ML mit solidem Hintergrundwissen zu diskutieren und zu bewerten • kennen einige für KI und ML wichtige Software-Tools (z.B. Python und Tensorflow) und können damit einfache Aufgaben bearbeiten 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Hastie, Tibshirani, Friedman, The elements of statistical learning • Wolfgang Ertel, Grundkurs künstliche Intelligenz • Kelleher, MacNamee, D'Arcy, Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies - Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning • Aurelien Geron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems

1	Modulbezeichnung 45360	Modellbildung in der Partikeltechnik (Modelling in particle technology)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Modellbildung in der Partikeltechnik / Numerical Methods in Particle Technology (2 SWS) Übung: Übung zu Modellbildung in der Partikeltechnik (1 SWS)	4,5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert Tobias Schikarski Nabi Traore	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einzelpartikeln im Fluid • Hybridmodelle • Populationsbilanz-Modellierung • Flowsheet-Simulationen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können moderne Methoden zur Modellierung und Simulation disperser Systemen erlernen, insbesondere den Multiskalenansatz • erfassen die aktuelle Forschung in Bezug auf die Anwendung • erkennen die Einsatzgebiete der verschiedenen Methoden • erkennen die Zusammenhänge beginnend bei der Modellierung des Verhaltens von Einzelpartikeln in einem Fluid, über die Kontinuumsmechanik bis zur Modellierung großindustrieller Prozesse. • erkunden in einem Kleinprojekt aktiv ein in der Vorlesung behandeltes Themengebiet 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	

1	Modulbezeichnung 45487	Numerische Methoden der Thermofluiddynamik I (Numerical methods in thermal fluid mechanics I)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Manuel Münsch	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Governing equations and models in fluid mechanics • Steady problems: the Finite-Difference Method (FDM) • Unsteady problems: methods of time integration • Advection-diffusion problems • The Finite-Volume Method • Solution of the incompressible Navier-Stokes equations • Grids and their properties • Boundary conditions <p>The theory given in the lectures is extended and applied to several transport problems in this exercise class:</p> <ul style="list-style-type: none"> • discretization of the Blasius similarity equations • parabolization and discretization of the boundary layer equations • finite-Difference discretization of heat-transfer problems • approximation of boundary conditions • finite-Volume discretization of heat-transfer problems • discretization and time-stepping of the Navier-Stokes equations • projections methods: the SIMPLE and PISO Methods 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students who successfully take this module should:</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the physical meaning and mathematical character of the terms in advection-diffusion equations and the Navier-Stokes equations • assess under what circumstances some terms in these equations can be neglected • formulate a FDM for the solution of unsteady transport equations • assess the convergence, consistency and stability of a FDM • formulate a FVM for the solution of unsteady transport equations • know how to solve the Navier-Stokes equation with the FVM • implement programs in matlab/octave to simulate fluid flow • assess the quality and validity of a fluid flow simulation • work in team and write a report describing the results and significance of a simulation • know the different types of grids and when to use them <p>The students who successfully solve the exercises should:</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> • be able to discretize transport problems with the finite-difference and the finite-volume methods • discretize several type of boundary conditions (no-slip, flux, mixed) • understand how the implementation of projection methods to solve the Navier-Stokes equation is done • work in team
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • J.H. Ferziger, M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, 2008 • R.J. Leveque, Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, SIAM, 2007

1	Modulbezeichnung 45486	Numerische Methoden der Thermofluiddynamik II (Numerical methods in thermal fluid mechanics II)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Numerische Methoden der Thermofluiddynamik II - Übung (1 SWS) Vorlesung: Numerische Methoden der Thermofluiddynamik II (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Manuel Münsch	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Manuel Münsch
5	Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> 1. Curvilinear grids 2. Turbulent flows 3. Direct Numerical Simulations (DNS) 4. Reynolds Averaged Navier-Stokes equations (RANS) 5. Large Eddy Simulation (LES) 6. Particulate and multiphase flows 7. Fluid-structure Interaction 8. Flows in porous media
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • Know how to solve CFD problems in curvilinear grids • Understand the main properties of turbulent flows • Understand the strengths and weaknesses of widely used simulation models of turbulence • Select the appropriate model and boundary equations for a given application • Be able to perform turbulence and complex flows simulations with OpenFOAM • Work in team and write a report describing the results and significance of a simulation of turbulent flow
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• J. H. Ferziger, M. Peric, Numerische Strömungsmechanik, Springer, 2008

1	Modulbezeichnung 44790	Partikelbasierte Strömungsmechanik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-V) (2 SWS) Übung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-UE) (1 SWS)	- -
3	Lehrende	Michael Blank Prof. Dr. Thorsten Pöschel Ulrike Hansl Dr. Achim Sack	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Thorsten Pöschel	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Gegenüberstellung von partikelbasierten und gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics • Comparison of particle-based and grid-based methods in fluid mechanics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • kennen die Vor- und Nachteile partikelbasierter Verfahren im Vergleich zu gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik. • kennen die einzelnen Algorithmen, die hinter den besprochenen Methoden stehen und können Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Methoden darlegen. • kennen die Implementierung der einzelnen Methoden vor dem Hintergrund einer Anwendung auf Hochleistungsrechnern. • kennen die Stärken und Schwächen der besprochenen Methoden und können für verschiedene Situationen die geeignete Methode auswählen. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Programmieren Grundlagen, Strömungsmechanik Grundlagen	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	G.A. Bird, Molecular Gas Dynamics and the Direct Simulation of Gas Flows G. Gompper et al., Multi-Particle Collision Dynamics: A Particle-Based Mesoscale Simulation Approach to the Hydrodynamics of Complex Fluids E.-S. Lee et al., Comparisons of weakly compressible and truly incompressible algorithms for the SPH mesh free particle method.

1	Modulbezeichnung 45210	Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung I (Physics of turbulence and turbulence modelling I)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung I (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Jovan Jovanovic	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Jovan Jovanovic	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls werden praktisch einsetzbare Methoden zur Berechnung allgemeiner turbulenter Strömungen vorgestellt.</p> <p>Ausgangspunkt sind die Navier-Stokes-Gleichungen, die formal hergeleitet und anschließend zeitgemittelt werden.</p> <p>Die durch die Mittelung auftretenden Zusatzterme werden physikalisch interpretiert und gebräuchliche mathematische Modelle (Turbulenzmodelle) zur Beschreibung dieser Terme eingeführt.</p> <p>Die Anwendung der vorgestellten Turbulenzmodelle auf für die Praxis relevante turbulente Strömungen wie z. B. Grenzschichten, Freistrahlen etc. wird im Detail diskutiert.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können allgemeine turbulente Strömungen berechnen • können relevante Gleichungen herleiten und zeitmitteln • können die durch die Mittelung aufgetretene Zusatzterme interpretieren • können die vorgestellten Turbulenzmodelle in der Praxis anwenden 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	

1	Modulbezeichnung 45220	Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung II (Physics of turbulence and turbulence modelling II)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung II (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Jovan Jovanovic	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Antonio Delgado	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Turbulence decomposition(mean flow, turbulent stresses, higher-order moments); • second order moments(anisotropy tensor, invariants); • anisotropy invariant mapping of turbulence in wall-bounded flows; • turbulent viscosity, Prandtl-Kolmogorov formula; • dynamics of turbulence dissipation rate; • twopoint correlation technique(locally homogeneous turbulence); • dissipation rate equation (closure model); • velocity-pressure gradient correlations (Poisson equation, Chous integral, slow and fast parts of correlations); • turbulence transport(closure approximation); • predictions(homogeneous shear flows, wall-bounded flows, transitional flows) 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • identify and explain the fundamental theories of turbulence • details of the modeling and validation using DNS databases • implement statistical methods like two-point correlation technique and invariant theory for modeling of unknown correlation • discuss different techniques for turbulence modeling according to their advantages and disadvantages • apply numerical simulation databases for interpretation of turbulence in functional space defined in terms of anisotropy-invariant map 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Strömungsmechanik	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	Jovanovic, J.: Statistical Dynamics of Turbulence, Springer Verlag, 2004 Hinze, J.O.: Turbulence (2nd edition), McGraw Hill, 1975

1	Modulbezeichnung 42915	Process simulation (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Process Simulation (ProSim) (2 SWS) Übung: Process Simulation Exercises (1 SWS) Tutorium: Process Simulation Tutorial (1 SWS)	5 ECTS - -
3	Lehrende	Dr. Peter Schulz Patrick Preuster	

4	Modulverantwortliche/r	Patrick Preuster	
5	Inhalt	<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to industrial process development • Aspects of process intensification • Introduction to the Aspen Plus simulator for process simulation • Equipment modeling: chem. reactors (detailed), separators, heat exchangers, mixers, pumps, compressors • recirculation, separation sequences, interconnection to the overall process • Short-cut methods for single apparatuses and for process synthesis • Flow sheet simulation of selected sample processes in Aspen Plus • Heat integration (pinch analysis) • Economic feasibility studies: Cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the systematic approach to conceptual process design • are familiar with the individual steps of modeling chemical reactors, separators, heat exchangers, mixers, pumps and compressors • are able to independently carry out the modeling and simulation of chemical engineering processes using industry-relevant commercial simulation tools (in particular Aspen Plus) • are able to practically apply and expand their basic knowledge of reaction engineering and thermal process engineering in the simulation of process engineering processes • are able to classify different models of basic operations and assess the scope of application • are capable of comparing different process variants • are able to apply the acquired knowledge practically on the basis of selected examples, taking into account economic aspects (cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality) 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nicht in diesem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Bearns, Behr, Brehm, Gmehling, Hofmann, Onken, Renken: Technische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 2006. • Biegler, Grossmann, Westerberg: Systematic Methods of Chemical Process

1	Modulbezeichnung 46100	Scannen und Drucken in 3D (Scanning and printing in 3D)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Scannen und Drucken in 3D (1 SWS) Vorlesung: Scannen und Drucken in 3D (0 SWS)	- -
3	Lehrende	Michael Blank Dr. Patric Müller	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Patric Müller
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Stereo-Imaging - Scannen dreidimensionaler Objekte - Computer-Tomographie und verwandte Techniken - 2D Darstellung dreidimensionaler Datensätze - 3D Bildverarbeitung - 3D Druck-Verfahren - 3D Projektion und Darstellung - Darstellung wissenschaftlicher Daten mittels "Virtueller Realität (VR)
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beherrschen die physikalischen und technischen Grundlagen zur Aufnahme dreidimensionaler Bilder mittels Stereokameraverfahren, 3D Scannern sowie Computer-Tomographie. - können dreidimensionale Datensätze erfassen, numerisch bearbeiten und wissenschaftlich darstellen. - gehen mit gängigen 3D Druckverfahren sicher um und implementieren diese als wissenschaftliches Werkzeug. - setzen mathematisch/physikalische Konzepte dreidimensionaler Darstellung mittels 3D Projektions- und Display-Verfahren sowie VR-Techniken um.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Matlab-Grundlagen dringend empfohlen!
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich/mündlich (120 Minuten)

11	Berechnung der Modulnote	schriftlich/mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	- Gregor Honsel, Rapid Manufacturing - Lee Goldmann, Principles of CT and CT Technology - Okoshi, Three-Dimensional Imaging Techniques

1	Modulbezeichnung 42936	Self-organisation processes (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Self-organization Processes (2 SWS) Übung: Self-organization Processes (Exercise) (3 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Prof. Dr. Nicolas Vogel	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Engel
5	Inhalt	<p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes

		<ul style="list-style-type: none"> • judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials • gain insight into current research in the field of the lecture
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. • Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. • Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. • John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. • Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011.

1	Modulbezeichnung 43700	Transportprozesse (Transport processes)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Transportprozesse (2 SWS) Übung: Übung zu Transportprozesse (1 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing Chris Conrad Bastian Lehnert	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Transportvorgänge: Wärme-, Stoff-, und Impulsübertragung • Auf Basis der kinetischen Gastheorie werden Gleichungen zur Beschreibung von Transportvorgängen (allgemeine Transportgleichung, Fourier'sches Gesetz, Fick'sche Gesetze,) hergeleitet und für in der Technik typischen Geometrien und Randbedingungen angewandt • Herleitung von Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellung • Aufbereitung von Problemstellungen zur Lösung mit Rechnerunterstützung
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • haben vertiefende Kenntnisse in der Impuls-, Wärme, und Stoffübertragung • können Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellungen eigenständig herleiten • bereiten Aufgabenstellung zur Lösung am Rechner z.B. mit Hilfe von MatLab auf • erarbeiten projektbezogener Aufgaben am Beispiel von Miniprojekten
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

Vertiefungsmodulgruppe Chemische Reaktionstechnik

1	Modulbezeichnung 1854	Praktikum Chemische Reaktionstechnik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Praktikum Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (3 SWS) Praktikum: Trocknungstechnik Praktikum (3 SWS) Praktikum: Process Simulation Practical Course (0 SWS) Praktikum: Reaktionstechnik, Vertiefung, Praktikum / Practical to Chemical Reaction Engineering CBI (3 SWS) Praktikum: Practical Course Advanced electrochemistry from fundamentals to applications (3 SWS)	2,5 ECTS - 2,5 ECTS - 2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Martin Hartmann Dr.-Ing. Alexandra Inayat Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück Patrick Preuster Asem Al-Shaibani Dr. Peter Schulz Dr. Peter Schulz Maximilian Heinlein Nnamdi Madubuko Sharmin Khan Antara Sharanya Nair Muhammad Rehman Yousuf Raed Ramzi Prof. Dr. Karl Mayrhofer	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Peter Schulz
5	Inhalt	Im Rahmen des Praktikumsmoduls werden ausgewählte Versuche aus dem Gebiet Chemische Reaktionstechnik durchgeführt. Ziel ist dabei, die bisher im Studium erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen in der Laborpraxis umzusetzen und zu erweitern. Die Versuche werden von den Studierenden selbständig durchgeführt. Die Ergebnisse sind auszuwerten und in Form eines Protokolls festzuhalten.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • wenden die erworbenen theoretischen Grundlagen auf verfahrenstechnische Fragenstellungen an • kennen verfahrenstechnische Reaktionen, Prozesse und apparative Lösungen und können diese weiterentwickeln • führen wissenschaftliche Experimente selbständig durch • protokollieren, analysieren und diskutieren kritisch die Ergebnisse der eigenständig durchgeführten Experimente

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Chemische Reaktionstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	
11	Berechnung der Modulnote	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 60 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 94391	Vertiefung Reaktionstechnik (Focus Module: Chemical Reaction Engineering)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Reaktionstechnik / Chemical Reaction Engineering CBI (3 SWS) Übung: Reaktionstechnik, Übungen / Exercices Chemical Reaction Engineering CBI (1 SWS) Tutorium: Reaktionstechnik, Tutorium / Tutorial Chemical Reaction Engineering (1 SWS)	7,5 ECTS - -
3	Lehrende	PD Dr. Marco Haumann Patrick Schühle Patrick Wolf Manfred Aubermann Dominik Kraus Miriam Willer Domenic Strauch Vera Haagen Philipp Rothgängel	

4	Modulverantwortliche/r	PD Dr. Marco Haumann
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Fluid/Fluid - Reaktionen • Gas/Feststoff - Reaktionen • Beschreibung unterschiedlicher chemischer Reaktionsapparate • Ideale und reale Reaktoren • Reaktionsführung bei unterschiedlichen Reaktionstypen • Wirbelschicht- und Fluid/Fluid - Reaktoren
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über die Sachkompetenz zur theoretischen Behandlung und praktischen Erarbeitung von Problemen der Technischen Chemie und der Entwicklung chemischer Verfahren. • sind in der Lage, kinetische Daten selbständig zu messen, auszuwerten und zu interpretieren. • können anhand selbständig gemessener Werte Transportvorgänge nachvollziehen und chemische Reaktoren für verschiedene Anwendungsfälle fehlerfrei auslegen. • sind befähigt zu selbständiger Bearbeitung und Diskussion aktueller Forschungsfragen auf dem Gebiet moderner katalytischer Materialien (ionische Flüssigkeiten, Beschichtungen, hierarchische Materialien).
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Chemische Reaktionstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)

11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Fitzer, Fritz, Emig, Einführung in die Chemische Reaktionstechnik, Springer Verlag, 4. Auflage, Berlin 1995 (Hörerschein am Lehrstuhl erhältlich) • Baerns, Hofmann, Renken, Chemische Reaktionstechnik, Thieme Verlag, Stuttgart. (Hörerschein am Lehrstuhl erhältlich) • Jess, Wasserscheid, Chemical Technology, 1. Auflage, Weinheim 2013 Wiley-VCH

Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik

1	Modulbezeichnung 1874	Praktikum Technische Thermodynamik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	<p>Vorlesung mit Übung: Simulation von Transportprozessen mit MATLAB (3 SWS)</p> <p>Praktikum: Praktikum in Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (3 SWS)</p> <p>Praktikum: Lab Course in Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (3 SWS)</p> <p>Praktikum: Lab Course in Clean Combustion Technology (3 SWS)</p> <p>Praktikum: Praktikum Technische Thermodynamik (Vertiefung) (3 SWS)</p>	<p>-</p> <p>2,5 ECTS</p> <p>2,5 ECTS</p> <p>2,5 ECTS</p> <p>2,5 ECTS</p>
3	Lehrende	<p>Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing</p> <p>Dr. Wigand Rathmann</p> <p>Dr.-Ing. Thomas Manfred Koller</p> <p>Tobias Klein</p> <p>Dr.-Ing. Michael Rausch</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba</p> <p>Dr.-Ing. Franz Huber</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Stefan Will</p> <p>Kristina Rauh</p>	

4	Modulverantwortliche/r	<p>Simon Aßmann</p> <p>Dr.-Ing. Franz Huber</p> <p>Kristina Rauh</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Stefan Will</p>
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Praktikumsmoduls werden ausgewählte Versuche aus dem Gebiet Technische Thermodynamik durchgeführt.</p> <p>Ziel ist dabei, die bisher im Studium erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen in der Laborpraxis umzusetzen und zu erweitern. Die Versuche werden von den Studierenden selbständig durchgeführt. Die Ergebnisse sind auszuwerten und in Form eines Protokolls festzuhalten.</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> wenden die erworbenen theoretischen Grundlagen auf verfahrenstechnische Fragenstellungen an kennen verfahrenstechnische Reaktionen, Prozesse und apparative Lösungen und können diese weiterentwickeln führen wissenschaftliche Experimente selbständig durch protokollieren, analysieren und diskutieren kritisch die Ergebnisse der eigenständig durchgeführten Experimente
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1

9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Im Rahmen des Moduls Praktikum Technische Thermodynamik sind zwei Praktika durchzuführen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Praktikum Technische Thermodynamik (Pflicht für alle, die als Schwerpunkt B Technische Thermodynamik gewählt haben) und • ein weiteres Praktikum zu einem der Wahlpflichtmodule, das Sie im Rahmen der Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik gewählt haben.
11	Berechnung der Modulnote	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 60 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Lecture and lab course script

1	Modulbezeichnung 94301	Technische Thermodynamik II (Technical thermodynamics II)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Techn. Thermodynamik (Vertiefung) für CBI und CEN (1 SWS) Vorlesung: Technische Thermodynamik (Vertiefung) für CBI und CEN (3 SWS)	1,5 ECTS 3,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Stefan Will Kristina Rauh	

4	Modulverantwortliche/r	Simon Aßmann Dr.-Ing. Franz Huber Kristina Rauh Prof. Dr.-Ing. Stefan Will	
5	Inhalt	<p>Das Modul Technische Thermodynamik - Vertiefung beinhaltet neben einer Wiederholung der Grundlagen zur Bilanzierung von Masse, Energie, Impuls, Entropie und Exergie die Themen Verbrennungstechnik, Strömungsprozesse und Einführung in die Gasdynamik, Kältetechnik sowie Energiespeicher. Das Thema Verbrennungsprozesse soll zugleich als allgemeine Einführung in die thermodynamische Behandlung von Systemen dienen, in denen chemische Reaktionen stattfinden. Schwerpunkte der energetischen Betrachtung von Verbrennungsprozessen bilden die Berechnung der freigesetzten Wärme sowie die Verbrennungstemperatur. Mit Hilfe von Entropiebilanzen wird die Effizienz von Verbrennungsprozessen in Form des exergetischen Wirkungsgrades bzw. in Form von auftretenden Exergieverlusten analysiert. Bei Strömungsprozessen sollen insbesondere kompressible Medien und somit auch Hochgeschwindigkeitsströmungen betrachtet werden, bei denen strömungsmechanische und thermodynamische Vorgänge stets miteinander verknüpft ablaufen. Hier werden neben den Grundgleichungen zur Modellierung von entsprechenden Strömungen und Zustandsänderungen spezielle Anwendungen von Düse und Diffusor diskutiert, z.B. im Bereich der Antriebstechnik und Kältetechnik. Das Thema Kältetechnik behandelt zunächst theoretisch deren Grundaufgaben. Schwerpunkte bilden dann unterschiedliche Verfahren und Anlagen zur Erzeugung von tiefen Temperaturen einschließlich derer zur Gasverflüssigung. Bei der Auslegung und Optimierung von Anlagen zur Erzeugung mäßig tiefer Temperaturen, z.B. in Form von Kompressions-, Dampfstrahl- und Absorptionskältemaschine, werden auch ökologische und ökonomische Kriterien bei Auswahl von Kältemitteln gegenübergestellt. Im Kapitel Energiespeicher werden nach einer Einführung zunächst Druckluftspeicher behandelt. Es werden verschiedene Speicher zur thermischen Speicherung vorgestellt. Einen Schwerpunkt bilden Pumped Thermal Energy Storgages" (Carnot-Batterien"), hier werden der Brayton-Cycle und die Kombination Wärmepumpe / Organic Rankine Cycle näher betrachtet.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> wenden wesentliche thermodynamische Grundlagen zur Konzeptionierung und Entwicklung von Systemen und 	

		<p>Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik, darunter speziell solcher der Verbrennungs-, Strömungs-, Kälte- und Wärmetechnik an</p> <ul style="list-style-type: none"> • können Berechnungen zur thermodynamischen Optimierung analysieren und selbständig durchführen sowie die notwendigen Hilfsmittel methodisch angemessen anwenden • diskutieren die Auslegung und Optimierung von Anlagen im Bereich der Wärme-, Energie- und Verfahrenstechnik unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Kriterien
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:</p> <p>Technische Thermodynamik I</p>
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>H. D. Baehr und S. Kabelac, Thermodynamik, Springer 2009 (14. Auflage)</p> <p>E. Hahne, Technische Thermodynamik, Oldenbourg 2004 (4. Auflage)</p> <p>K. Lucas, Thermodynamik, Springer 2000 (2. Auflage)</p> <p>D. Rist, Dynamik realer Gase, Springer 1996</p> <p>R. Günther, Verbrennung und Feuerungen, Springer 1984</p> <p>A. Bejan, Advanced Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons 1988</p>

Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik

1	Modulbezeichnung 1884	Praktikum Strömungsmechanik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II - Praktikum (2 SWS)	2,5 ECTS
		Praktikum: Strömungsmechanik II (Vertiefung) - Praktikum (3 SWS)	-
		Praktikum: Praktikum Fluid-Feststoff-Strömungen (3 SWS)	2,5 ECTS
		Praktikum: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik - Praktikum (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lehrende	Praktikum: Rheologie/Rheometrie - Praktikum (3 SWS)	2,5 ECTS
		Md Ashfaquul Bari	
		Dr.-Ing. Manuel Münsch	
		Björn Düsenberg Suharto Saha Prof. Dr. Andreas Wierschem	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Manuel Münsch
5	Inhalt	Im Rahmen des Praktikumsmoduls werden ausgewählte Versuche aus dem Gebiet Strömungsmechanik durchgeführt. Ziel ist dabei, die bisher im Studium erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen in der Laborpraxis umzusetzen und zu erweitern. Die Versuche werden von den Studierenden selbständig durchgeführt. Die Ergebnisse sind auszuwerten und in Form eines Protokolls festzuhalten.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • wenden die erworbenen theoretischen Grundlagen auf verfahrenstechnische Fragenstellungen an • kennen verfahrenstechnische Reaktionen, Prozesse und apparative Lösungen und können diese weiterentwickeln • führen wissenschaftliche Experimente selbständig durch • protokollieren, analysieren und diskutieren kritisch die Ergebnisse der eigenständig durchgeführten Experimente
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	
11	Berechnung der Modulnote	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 60 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 97331	Strömungsmechanik II (Fluid mechanics II)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Strömungsmechanik II (Vertiefung) - Übung (1 SWS) Vorlesung: Strömungsmechanik II (Vertiefung) (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Aliena Altmann Prof. Dr. Andreas Wierschem	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Wierschem	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionsanalyse und Ähnlichkeitstheorie • schleichende Strömungen • zeitabhängige Strömungen • Potentialströmungen • Grenzschichtströmungen • Turbulenz • kompressible Strömungen <p>Übungen ergänzen die Vorlesung. Studierende werden angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, strömungsmechanische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Aufbauend auf Kenntnissen reibungsbehafteter Strömungen bietet die Vorlesung eine systematische Vertiefung in wesentliche Bereiche der Strömungsmechanik.</p> <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über einen Überblick über wesentliche Bereiche der Strömungsmechanik und verstehen ihre Bedeutung und Anwendung in der Strömungsmechanik • können die Bedeutung der unterschiedlichen Strömungsbereiche sowohl in der natürlichen Umgebung als auch in ingenieurwissenschaftlichen Problemstellungen nachvollziehen • sind fähig, strömungsmechanische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln • können die erworbenen Fachkenntnisse mit geeigneten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Strömungsmechanik (CBI, CEN) oder Strömungsmechanik I für Maschinenbau und Energietechnik.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich	

11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • J. H. Spurk, N. Aksel: Strömungslehre: Einführung in die Theorie der Strömungen, 8. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2010 • F. Durst, Grundlagen der Strömungsmechanik - Eine Einführung in die Theorie der Strömungen in Fluiden, Springer, 2006 • P. K. Kundu, Fluid Mechanics, 5th Ed., Academic Press, 2012 • F. M. White, Fluid Mechanics, 7th Rev. Ed., McGraw Hill, 2011

Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik

1	Modulbezeichnung 94441	Mechanische Verfahrenstechnik II (Focus module: Mechanical process engineering)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Product Engineering (1 SWS) Vorlesung: Product Engineering (3 SWS) Tutorium: Tutorium zu Product Engineering (1 SWS)	- 7,5 ECTS -
3	Lehrende	Lukas Gromotka Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls werden die Grundlagen der Produktgestaltung behandelt. Ausgehend von der Eigenschaftsfunktion (Zusammenhang zwischen Anwendungs- bzw. Endprodukteigenschaften und den dispersen Eigenschaften) werden Möglichkeiten zur Steuerung der Produkteigenschaften vorgestellt und an exemplarischen Prozessen vertieft. Neben der Partikelproduktion (u.a. Gasphasensynthese, Fällung, Zerkleinern) werden Fragen der Formulierung (z.B. Beschichtungen) behandelt. Ein Schwerpunkt liegt auf der Gestaltung nanoskaliger Produkte. Hier gelingt die Einstellung makroskopischer Produkteigenschaften nur durch die mikroskopische Steuerung der Grenzflächen. Als Simulationswerkzeuge werden Populationsbilanzen eingeführt.</p> <p>Es werden Beispiele aus der chemisch-pharmazeutischen Technologie, den Materialwissenschaften und der Medizintechnik behandelt. Das Modul richtet sich daher sowohl an Bio- und Chemieingenieure als auch Materialwissenschaftler, Pharmazeutische Technologen und Naturwissenschaftler.</p> <p>Wir fördern Teamfähigkeit und Präsentationstechniken durch die selbstständige Erarbeitung spezieller Beispiele in kleinen Gruppen.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen den Zusammenhang zwischen Anwendungs- bzw. Endprodukteigenschaften und den dispersen Eigenschaften • setzen Möglichkeiten zur Steuerung der Produkteigenschaften an exemplarischen Prozessen um • lernen Partikelproduktion und Formulierungen, insbesondere die Gestaltung nanoskaliger Produkte • lernen die physikalischen Grundprinzipien zur Einstellung der dispersen Größen und deren Umsetzung in technischen Apparaten • wenden die Inhalte mit Beispielen aus der chemisch-pharmazeutischen Technologie, den Materialwissenschaften und der Medizintechnik an 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wird in der Vorlesung ausgegeben

1	Modulbezeichnung 1894	Praktikum Mechanische Verfahrenstechnik (Laboratory course: Mechanical process engineering)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Cornelia Damm	
5	Inhalt	Im Rahmen des Praktikumsmoduls werden ausgewählte Versuche aus dem Gebiet Mechanische Verfahrenstechnik durchgeführt. Ziel ist dabei, die bisher im Studium erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen in der Laborpraxis umzusetzen und zu erweitern. Die Versuche werden von den Studierenden selbständig durchgeführt. Die Ergebnisse sind auszuwerten und in Form eines Protokolls festzuhalten.	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • wenden die erworbenen theoretischen Grundlagen auf verfahrenstechnische Fragenstellungen an • kennen verfahrenstechnische Reaktionen, Prozesse und apparative Lösungen und können diese weiterentwickeln • führen wissenschaftliche Experimente selbständig durch • protokollieren, analysieren und diskutieren kritisch die Ergebnisse der eigenständig durchgeführten Experimente 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen		
11	Berechnung der Modulnote		
12	Turnus des Angebots	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)	
14	Dauer des Moduls	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	

Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik

1	Modulbezeichnung 1904	Praktikum Thermische Verfahrenstechnik (keine englischsprachige Modulbezeichnung hinterlegt!)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Praktikum in Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (3 SWS)	2,5 ECTS
		Praktikum: Lab Course in Optical Diagnostics in Energy and Process Engineering (3 SWS)	2,5 ECTS
		Praktikum: Hochdrucktrenntechnik (PR) (3 SWS)	-
3	Lehrende	Dr.-Ing. Thomas Manfred Koller Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba Dr.-Ing. Franz Huber Dr.-Ing. Detlef Freitag Dr.-Ing. Martin Drescher	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Martin Drescher	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Praktikumsmoduls werden ausgewählte Versuche aus dem Gebiet Thermische Verfahrenstechnik durchgeführt.</p> <p>Ziel ist dabei, die bisher im Studium erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen in der Laborpraxis umzusetzen und zu erweitern. Die Versuche werden von den Studierenden selbständig durchgeführt. Die Ergebnisse sind auszuwerten und in Form eines Protokolls festzuhalten.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> wenden die erworbenen theoretischen Grundlagen auf verfahrenstechnische Fragenstellungen an kennen verfahrenstechnische Reaktionen, Prozesse und apparative Lösungen und können diese weiterentwickeln führen wissenschaftliche Experimente selbständig durch protokollieren, analysieren und diskutieren kritisch die Ergebnisse der eigenständig durchgeführten Experimente 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen		
11	Berechnung der Modulnote		
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 60 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Lecture and lab course script

1	Modulbezeichnung 94411	Thermische Verfahrenstechnik II (Focus module: Separation science and technology)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Vertiefung Thermische Verfahrenstechnik (VL) (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Detlef Freitag Prof. Dr. Matthias Thommes	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Matthias Thommes	
5	Inhalt	<p>Applikationen und Prozesse basierend auf Adsorption (inkl. PSA, TSA), zielgerichtete Adsorbenscharakterisierung, spez. chromatographische Verfahren,</p> <p>Sonderverfahren der Rektifikation, Anwendung von Hybridverfahren, ausgewählte Aspekte der Membrantechnologie, Trocknungsprozesse</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über vertiefende Fach- und Methodenkompetenzen aus dem Bereich der thermischen Verfahrenstechnik und Trennverfahren, • können thermische Prozesse selbständig beschreiben • sind mit den Details wichtiger Grundoperationen (Unit Operations) vertraut und können diese selbständig zur Lösung von Trennaufgaben in der Labor- und Industriepraxis anwenden; • sind fähig Experimente eigenständig zu planen und durchzuführen; • können die Ergebnisse der selbständig durchgeführten wissenschaftlichen Experimente protokollieren, analysieren, auswerten und kritisch diskutieren 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Vorheriger Besuch der Vorlesung Trennverfahren (Kernfach)	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich	
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	

1	Modulbezeichnung 1995	Industriepraktikum (M.Sc. Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152) (Internship / practical training on industry)	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Alexander Ditter	
5	Inhalt	Bei der Durchführung der berufspraktischen Tätigkeit soll ein Überblick über die verschiedenen Tätigkeiten in einer Firma durch Mitarbeit in Arbeits- bzw. Projektgruppen verschafft werden. Darüber hinaus sollen spezielle Fertigkeiten von Ingenieuren, ausgehend vom bereits im Studium erworbenen Wissen, erworben werden. Als Basis hierzu sollen die im Bachelorstudium erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen umgesetzt werden. Wünschenswerte Tätigkeitsbereiche sind z.B. Chemische Produktion, Umweltschutz, Mess- und Regelungstechnik, Anlagenplanung, Konstruktion.	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen typische Aufgabenstellungen in der chemischen, verfahrenstechnischen oder verwandten Industrie • kennen und nachvollziehen die Organisation und die soziale Struktur eines Industriebetriebes • erkennen die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Bereichen eines Unternehmens • setzen das bisher im Studium vermittelte Fachwissen in der industriellen Praxis um • reflektieren die Auswirkung ihres Handelns auf das Ergebnis der ihnen anvertrauten Aufgaben • analysieren die in der Industrie notwendigen Kenntnisse im Vergleich zu den Inhalten des eigenen Studiums 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 0	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen		
11	Berechnung der Modulnote		
12	Turnus des Angebots	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)	

14	Dauer des Moduls	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 1999	Masterarbeit (M.Sc. Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152) (Master's thesis)	30 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r		
5	Inhalt	<p>Selbständige Bearbeitung einer wissenschaftlichen Aufgabestellung aus einem der folgenden Wissenschaftsschwerpunkte am Department Chemie- und Bioingenieurwesen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neue Materialien und Prozesse • Optische Technologien und Bildgebung • Modellierung und Simulation • Energietechnik • Medizintechnik, Life Science Engineering 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können eine wissenschaftliche Fragestellung aus einem ausgewählten Bereich des Chemie- und Bioingenieurwesens innerhalb einer vorgegebenen Frist selbständig bearbeiten • entwickeln eigenständige Ideen und Konzepte zur Lösung wissenschaftlicher Probleme • gehen in vertiefter und kritischer Weise mit Theorien, Terminologien, Besonderheiten, Grenzen und Lehrmeinungen des Faches um und reflektieren diese • können geeignete wissenschaftliche Methoden weitgehend selbständig anwenden und weiterentwickeln – auch in neuen und unvertrauten sowie fachübergreifenden Kontexten – sowie die Ergebnisse in wissenschaftlich angemessener Form darstellen • können fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht schriftlich und mündlich präsentieren und argumentativ vertreten • erweitern ihre Planungs- und Strukturierungsfähigkeit in der Umsetzung eines thematischen Projektes 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Voraussetzung für die Masterarbeit ist der Erwerb von 90 ECTS-Punkten im Masterstudium.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	

10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten) schriftlich (6 Monate) Die Masterarbeit und deren Ergebnisse sind im Rahmen eines Kolloquiums bzw. eines Referats im Umfang von max. 30 Minuten mit anschließender Diskussion vorzustellen. Die Masterarbeit wird mit 27 ECTS-Punkten, das Kolloquium mit 3 ECTS-Punkten veranschlagt (s. FPO CEN § 44).
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (10%) schriftlich (90%)
12	Turnus des Angebots	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	Wiederholung der Prüfungen	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
15	Dauer des Moduls	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
16	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
17	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!

1	Modulbezeichnung 94060	Projektierungskurs (Project development course)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Sonstige Lehrveranstaltung: Projektierungskurs (0 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück PD Dr. Marco Haumann	

4	Modulverantwortliche/r	PD Dr. Marco Haumann	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Projektierung einer Produktionsanlage • Aufteilung der Aufgabenstellung auf einzelne Gruppen • Eigenständige Bearbeitung eines Teilprojekts in einer Gruppe • Koordination innerhalb der Gruppe und mit anderen Gruppen • Vorstellung der Ergebnisse. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können Aufgaben und Probleme bei der Projektierung einer Produktionsanlage analysieren • können verschiedene Lösungswege im Team entwickeln, miteinander vergleichen und evaluieren • können eigenständig Lösungen für die Anlage erschaffen und ausarbeiten 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20152	
10	Studien- und Prüfungsleistungen		
11	Berechnung der Modulnote		
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 60 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	keine Literaturhinweise hinterlegt!	