

M.Eng. Chemieingenieurwesen

Modulhandbuch

STAND 10.11.2025

Inhalt

Digitale Chemie und statistische Versuchsplanung.....	1
Projektarbeit.....	3
Nachhaltige Zukunftstechnologien	6
Surface Science.....	10
Umwelt und Recht.....	13
Masterarbeit.....	17
Prozesskunde.....	19
Projekt CFD Strömungsmechanik.....	23
Automatisierungstechnik	26
Technische Chemie I (MVT).....	31
Spezielle chemische Reaktionstechnik und Katalyse	36
Projekt Prozesssimulation	39
Projekt Reaktionstechnik.....	43
Technische Chemie II (TVT)	46
Anlagenplanung und Konzessionierung	51
Verfahrenstechnisches Schwerpunktpraktikum	58
Projektierung einer Chemieanlage	61
Moderne Methoden der Synthese von polymeren Lackrohstoffen	67
Optimierung komplexer Lackformulierungen	70
Lackanalytik	73
Mechanismen der Lackformulierung	76
Korrosion	79
Projekt Moderne Polymersynthese von Lackrohstoffen	82
Moderne elektrochemische und spektroskopische Methoden der Korrosionsanalytik.....	85
Industrielle Lackdispersionen.....	87
Prozesskunde Lackapplikation	90
Vorbehandlung und Applikation	90
Projekt Lackapplikation	93
Biotechnik.....	95
Biotechnologische Prozessoptimierung	98
Chemie und Energie	100
Chemie und Geisteswissenschaften.....	104
Grüne Chemie.....	109
Labormanagement	112
Mathematische Modelle und Optimierung	115
Nanotechnologie	121
Toxikologie	124

Allgemeine Hinweise:

- Dauer der Module:

Alle Module außer der Masterarbeit erstrecken sich jeweils über ein Semester.

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Digitale Chemie und statistische Versuchsplanung							
Code-Nr.	1600							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Allgemeines Modul / Pflichtmodul							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Schmitz							
Dozent:in	Prof. Dr. Schmitz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Statistische Versuchsplanung und Optimierung	2	2					
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen	Mathematik Vorlesungen der Bachelorveranstaltungen, Digitale Chemie I und II							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden sind in der Lage eine praktische Fragestellung chemischer Systeme oder Prozesse in Versuchspläne zu übersetzen und mit Methoden der Chemometrie zur Prüfung von Hypothesen oder der Berechnung von Effekten und Signifikanz von Parametern auszuwerten.							
[Womit]	Die statistischen Analyseverfahren, Modellierungen sowie die graphischen Darstellungen sollen mit Hilfe von Tabellenkalkulationen in Excel, der Programmierung in Python und DoE-Software realisiert werden.							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

[Wozu]	Chemische Systeme, Vorgänge und Prozesse können mit Hilfe der statistischen Verfahren entweder durch Planung von Laborversuchen oder existierenden Prozessdaten bewertet und optimiert werden.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Verteilungsfunktionen • Vertrauensintervalle • Testen von Hypothesen, Fehler 1. und 2. Art • einfache Varianzanalyse • Signifikanzüberprüfung • Ausreißertest • Ermittlung des Versuchsumfangs und Bestimmungsgrenzen • Konstruktion von linearen und nichtlinearen Versuchsplänen • Modellierungs- und Regressionsmethoden für Versuchspläne und Datenreihen • Grundlagen der Machine-Learning Anwendungen für die Modellierung in Python • Auswertung von Versuchsplänen mittels Varianzzerlegung • Überprüfung der Validität von Modellen und Residuenanalyse • Sensitivitätsanalysen linearer und nichtlinearer Modelle
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 90-minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung unter Anwendung der in den Vorlesungen und Seminaren genutzten Computersoftware.</p> <p>Testat*: Testat zur Bearbeitung und Präsentation von Computerauswertungen</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Übungen, Power-Point aus der Vorlesung und Skript
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • <u>K. Siebertz, D. van Bebber, T. Hochkirchen, Statistische Versuchsplanung: Design of Experiments (DoE), Springer, Heidelberg 2010.</u> • T. C. Stocker, I. Steinke, Statistik: Grundlagen und Methodik, De Gruyter, Oldenburg 2022 • W. Kleppmann, Versuchsplanung: Produkte und Prozesse optimieren, Carl Hanser Verlag, Oldenburg 2020 • E. Reh, Chemometrie: Grundlagen der Statistik, Numerischen Mathematik und Softwareanwendung in der Chemie, de Gruyter, Berlin 2017 • B. Klein, Numerisches Python: Arbeiten mit NumPy, Matplotlib und Pandas, Carl Hanser Verlag, München 2023 • A. Pajankar, A. Joshi, Hands-on Machine Learning with Python: Implement Neural Network Solutions with Scikit-Learn and PyTorch, Apress, New York 2022

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Projektarbeit							
Code-Nr.	1630							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen								
Zuordnung zum Curriculum	Pflichtmodul							
Angebotshäufigkeit	Jedes Semester							
Modulverantwortliche(r)	Alle Professor:innen des Fachbereichs Chemie							
Dozent:in	Alle Professor:innen des Fachbereichs Chemie							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Projekt			5				
	Masterseminar				1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen								
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden können aus einer jährlich angepassten Auswahlliste ein bis zwei Projekte (je nach Größe) bearbeiten und dabei ingenieurtechnische bzw. lacktechnologische Aufgabenstellungen in Arbeitsgruppen zielgerichtet, strukturiert und selbstorganisiert unter Anwendung von Projektmanagementmethoden kreativ lösen. Zudem wird im Rahmen des Masterseminars wissenschaftliches Argumentieren, Hinterfragen, Kombinieren, Übertragen, Gegenüberstellen, Einschätzen und Interpretieren praktiziert.							
[Womit]	Indem sie die Aufgabenstellung analysieren, hierzu inhaltlich recherchieren, die erforderlichen Aufgaben mit dem Auftraggeber/Dozenten abstimmen (Lasten-/Pflichtenheft) und die Arbeitspakete strukturieren und aufteilen, sachgerechte Dokumentation und Kommunikation in den einzelnen Projektphasen anwenden und formulieren, selbstständige Anwendung von bereits erworbenem Fachwissen vertiefen und							

	<p>selbstständig erforderliches Fachwissen erarbeiten, Lösungen gestalten und bewerten, Verfahrensvarianten evaluieren, sie gegenüberstellen und das Optimum auswählen. Wichtiger Bestandteil des Moduls ist die Befähigung zum kritischen, aber konstruktiven wissenschaftlichen Diskurs, die Entwicklung der eigenen technischen Kreativität, das gegenseitige konstruktive Kritisieren und das Entscheiden bzgl. des einzusetzenden Equipments im Spannungsfeld Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit. Dies wird ebenfalls erreicht durch die regelmäßige, testierte Teilnahme am Masterseminar</p>
[Wozu]	<p>Die Studierenden sind in der Lage, zukünftig im Rahmen von ingenieurtechnischen bzw. Lacktechnologischen Fragestellungen im arbeitsteiligen Berufsalltag Projekte im Team erfolgreich bearbeiten zu können, die behandelten Prozesse in der Betriebspraxis mitzugestalten, zu planen, einzusetzen und ggf. zu leiten. Die Studierenden lernen Literaturrecherche, Teamtechniken, Konfliktlösungsstrategien, Präsentationsformen, freies Sprechen und Fachkommunikation. Die Studierenden erlernen damit die notwendigen Kenntnisse, um an ihren zukünftigen Arbeitsplätzen in der chemischen Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen die Verwirklichung einer prozessoptimierten, effizienten, energie- und ressourcensparenden, gesetzeskonformen Equipment- und Anlagengestaltung bzw. die Gestaltung eines Lackprozesses beurteilen zu können sowie durch sicheres, wirtschaftliches, wissenschaftliches Arbeiten nachhaltige Produktionsprozesse zu gewährleisten. Die Projektarbeit vertieft die Fähigkeit zum selbstständigen wissenschaftlichen Arbeiten im Fachgebiet und verstärkt die benötigte Kreativität, Lösungsfähigkeit und Resilienz der Studierenden für die Masterarbeit und eine zukünftige berufliche Tätigkeit.</p>
Inhalt	<p>In der Projektarbeit bearbeiten die Studierenden unter Anleitung, aber weitestgehend selbstständig, je nach Größe eine oder zwei Problemstellung aus einem aktuellen Forschungsthema vertiefend theoretisch und experimentell. Zudem muss das Masterseminar besucht werden.</p>
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benoteter schriftlicher Projektbericht (ca. 10-40 Seiten) und benoteter Vortrag (ca. 20 min.) Notengewichtung: Projektbericht : Vortrag = 1 : 1 Testat: Testat über die Teilnahme am Masterseminar ist grundsätzlich verpflichtend. Dabei gilt als an einem Termin teilgenommen, wenn dieser mindestens 75 von 90 min besucht wurde.</p>

Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	
Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• Zeitschriftenliteratur, Bücher, Patentschriften aus den Themengebieten• Die Literatursuche ist Bestandteil des Projektes

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Nachhaltige Zukunftstechnologien							
Code-Nr.	1650							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	Bioökonomie und biobasierte organische Chemie, Bioraffinerien, Smart Materials & Sustainability							
Zuordnung zum Curriculum	Allgemeines Modul / Wahlpflicht ²							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Reza Saadat							
Dozent:in	Prof. Dr. Reza Saadat, Prof. Dr. Uta Bergstedt, Prof. Dr. Andrea Wanninger							
Sprache	Deutsch/Englisch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Bioökonomie und biobasierte organische Chemie; Bioraffinerien	2			-			
	Smart Materials & Sustainability	-			2			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen	-							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Smart Materials & Sustainability: Die Studierenden stellen aus den unten genannten Themen mit Hilfe des Dozenten einen Vortrag zusammen, welcher im Team von vier Studierenden vorbereitet und in dieser Konstellation auch vorgetragen wird. Sie werden komplexe Inhalte aus den genannten Themen verständlich – auch in englischer Sprache – vor einem Auditorium wiedergeben.							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

² Es kann zwischen den Modulen „Surface Science“ und „Nachhaltige Zukunftstechnologien“ gewählt werden.

	Bioökonomie und biobasierte OC: Die Studierenden erhalten einen Überblick über grundlegende Konzepte, biogene und nichtbiogene Rohstoffe, Stoffströme und Produktionsketten sowie Forschung in der Bioökonomie. Bioraffinerien: Die Studierenden erarbeiten den möglichen Einsatz verschiedener nachwachsender Rohstoffe in Bioraffinerien. Dabei lernen sie unterschiedliche Konzepte von Bioraffinerien kennen.
[Womit]	Smart Materials & Sustainability: Sie beschäftigen sich mit einem selbst ausgesuchten Thema, recherchieren selbstständig und diskutieren ihre Erkenntnisse vorab mit dem Dozenten. Im Anschluss konzipieren sie einen Vortrag, den sie vor einem Auditorium halten. Bioökonomie und biobasierte OC: Die Plattformchemikalien, biobasierten Spezialchemikalien und Wertschöpfungsketten werden durch Fallbeispiele aus der Industrie vorgestellt. Die grundlegenden Konzepte, betroffenen Sektoren und Stakeholder der Bioökonomie werden in Diskussionen erarbeitet und vertieft. Bioraffinerien: Die Gruppen von unterschiedlichen nachwachsenden Rohstoffen werden vorgestellt und ihr Einsatz in Bioraffinerien diskutiert und bewertet. Unterschiedliche Bioraffinerie-Anlagen werden anhand von Fallbeispielen aus Forschung und Industrie analysiert und bewertet.
[Wozu]	Smart Materials & Sustainability: Die Studierenden erarbeiten Sachverhalte, werten diese aus, überprüfen sie auf ihre Plausibilität unter Aspekten der Nachhaltigkeit zur Diskussion. Sie würdigen kritisch das Ergebnis in der Gruppe und ziehen Schlüsse aus den Resultaten, wobei auch weiterführende Ideen/Konzepte erschlossen und kommuniziert werden sollen. Bioökonomie und biobasierte OC: Die Studierenden sollen befähigt werden, grundlegende Konzepte der Bioökonomie und der zirkulären Wertschöpfung kritisch zu würdigen, ausgewählte Wertschöpfungsketten der biobasierten organischen Chemie zu beurteilen und die Bedürfnisse wichtiger Stakeholder voneinander zu differenzieren. Bioraffinerien: Die Studierenden lernen grundlegende Konzepte die Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen in verschiedene Produkte kennen und die damit verbundenen Prozesse zu analysieren. Sie werden befähigt verschiedene Konzepte von Bioraffinerien zu diskutieren und kritisch einzuschätzen.

Inhalt	<p>Smart Materials & Sustainability:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Materialien • eigenschaftsverändernde Materialien • Multi-Material-Mix Bauteile • Recyclingfähigkeit von Materialien • aktuelle und zukünftige Substitution von Materialien, Materialien im ESG Standard <p>Bioökonomie und biobasierte OC:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konzepte der Bioökonomie • Sektoren und Anwendungsfelder der biobasierten Ökonomie • Biogene und nichtbiogene Rohstoffe • Chancen und Grenzen biobasierter Prozesse • Stoffströme und Produktionsketten biobasierter organischer Chemikalien (beispielhaft) • Bioökonomie: Markt und gesellschaftliche Einordnung • Erforschung und Anwendung biobasierter Produkte <p>Bioraffinerien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rohstoffe für Bioraffinerien • Stand der Technik, Prozesse und Technologien für Bioraffinerien • verschiedene Bioraffinerie-Konzepte • Systematik von Bioraffinerien • Produkte aus Bioraffinerien und deren Markt • Bioraffinerie-Wertschöpfungskette versus petrochemische Wertschöpfungskette • Zukunftsperspektive von Bioraffinerien
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 60-minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung und Übungen und benoteter 30-minütiger Seminarvortrag.</p> <p>Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung und Skript in elektronischer Form
Literatur:	<p>Smart Materials & Sustainability:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kulkarni, S.K.: Nanotechnology: Principles and Practices, 3. Aufl., Springer Verlag, 2015. • Hollemann-Wiberg: Lehrbuch der anorganischen Chemie, Fortführung durch N. Wiberg, 102. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin, 2007. <p>Bioökonomie und biobasierte OC:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pietzsch, J. (Hrsg.): Bioökonomie für Einsteiger, Springer Spektrum, 2017 • Türk, O.: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Springer, Vieweg, 2014

- Grefe, Ch.: Global Gardening: Bioökonomie – Neuer Raubbau oder Wirtschaftsform der Zukunft?, Kunstmann, 2016
- Ulber, R., Sell, D., Hirth, Th. (Editor): Renewable Raw Materials: New Feedstocks for the Chemical Industry, Wiley-VCH, 2011
- Kabasci, S., Stevens, Ch. (Herausgeber): Bio-based Plastics, Wiley & Sons, 1. Auflage 2013
- Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 (BMBF)
- Bioraffinerien:
 - Clark, J.H., Deswarte, F. (Herausgeber): Introduction to Chemicals from Biomass, Wiley & Sons, 2. Aufl. 2015
 - Aresta, M, Dibenedetto, A., Dumeignil, F. (Editors): Biorefinery: From Biomass to chemicals and fuels, De Gruyter 2022
 - Behr, A., Seidensticker, T.: Einführung in die Chemie nachwachsender Rohstoffe, Springer Verlag 2018

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Surface Science							
Code-Nr.	1640							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Allgemeines Modul / Wahlpflicht ²							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Andreas Roppertz							
Dozent:in	Prof. Dr. Karlheinz Graf, Prof. Dr. Andreas Roppertz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Kolloid-und Grenzflächenchemie	1			1			
	Oberflächenanalytik	1			1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Mathematikmodule des Bachelorstudiums, Thermodynamische Größen und Zusammenhänge aus der Physikalischen Chemie							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden sollen die kolloidchemischen Grundlagen und Grenzflächenphänomene verstehen und einordnen lernen und unterschiedliche spektroskopische Analysetechniken und Prinzipien gegenüberstellen.							
[Womit]	Anhand der Anwendung und Einübung physikochemischer Modelle auf reale Grenzflächenszenarien werden die wesentlichen Begrifflichkeiten und Zusammenhänge quantifiziert, vertieft und diskutiert. Anhand konkreter Fragestellungen aus der Praxis werden die Studierenden angehalten,							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

² Es kann zwischen den Modulen „Surface Science“ und „Nachhaltige Zukunftstechnologien“ gewählt werden.

	selbstständig über das geeignete Analyseverfahren zu entscheiden.
[Wozu]	Die Beschäftigung mit den physikochemischen Grundlagen von Grenzflächen und ihrer Analytik ermöglicht die Beurteilung von Herstellungs- und Anwendungsprozessen in der Praxis, bei denen Oberflächen eine Rolle spielen, wie z. B. bei Beschichtungen, sowie die Identifizierung von Stabilitätsproblemen in Produkten wie Lacken, Schmierstoffen und Kosmetika. Dies führt zu einer fundierten Optimierung solcher Prozesse und Produkte in der Praxis, die eine Einsparung von natürlichen und monetären Ressourcen ermöglicht.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Ober- und Grenzflächenspannung von Flüssigkeiten und Festkörpern • Benetzung von Festkörpern: ideal / nicht ideal • Thermodynamik der Grenzflächen • Kolloide, Emulsionen, Schäume und dünne Filme • Invasive und nicht-invasive Oberflächenmethoden • Gas/Feststoff-Wechselwirkung zur Charakterisierung von Oberflächen • Mikroskopische Methoden (Licht-, Elektronen-, Rasterkraftmikroskopie) • Spektroskopische Methoden (UV/VIS, Raman- und IR-Spektroskopie, XPS) • Röntgendiffraktometrie • Sekundärelektronenmassenspektrometrie • Temperaturprogrammierte Sorptionsmethoden
Studien- und Prüfungsleistungen	Benotete 90-minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung und Übungen oder 45-minütige mündliche Prüfung Die Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters festgelegt. Testat*: - (*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Übungen, Power-Point-Folien aus der Vorlesung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • H.-J. Butt, K. Graf, M. Kappl, Physics and Chemistry of Interfaces, 4. Aufl. (oder 3.), Wiley-VCH, Weinheim 2023. • J. N. Israelachvili, Intermolecular and Surface Forces, 3. Aufl., Academic Press, Amsterdam 2015. • A. W. Adamson, A. P. Gast, Physical Chemistry of Surfaces, 6. Aufl., Wiley India, 1997. • D. Myers, Surfaces, Interfaces, and Colloids: Principles and Applications, Wiley, New York 1999.

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• P. W. Atkins, Physikalische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim 2013.• G. Wedler, Freund, H.J., Lehrbuch der Physikalischen Chemie, Wiley-VCH, Weinheim 2013.• L. Yeng, Materials Characterization, 2. Aufl. Wiley-VCH Weinheim, 2013• D.A. Skoog, J.J. Leary, Instrumentelle Analytik 1. Auflage, Springerverlag Berlin, 1996 |
|--|---|

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen / M.Sc. Angewandte Chemie ¹							
Modulbezeichnung	Umwelt und Recht							
Code-Nr.	1660							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Allgemeines Modul / Pflichtmodul							
Angebotshäufigkeit	Jedes Semester							
Modulverantwortliche(r)	Dr. Dirk Ebling							
Dozent:in	Prof. Dr. Michael Dornbusch, Dr. Dirk Ebling							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Luftreinhaltung	2		-	-			
	REACH				2			
	.							
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	-							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden erwerben theoretische und praxisbezogene Kenntnisse über die chemischen Zusammenhänge von Schadstoffentstehung, Ausbreitung und Wirkung auf die Umwelt. Sie kennen, erinnern und verstehen allgemeine Grundbegriffe, Formalismen und analytische Methoden zur Bestimmung von Schadstoffen und moderner Minderungstechniken für ausgewählte Schadstoffe kennen, insbesondere im Hinblick auf die gesetzlichen Vorgaben und sind in der Lage, die behandelten Prozesse und Apparate in der Betriebspraxis zu differenzieren, auszuwählen, anzuwenden, mitzugestalten, einzusetzen, zu übertragen und ggf. zu überwachen. Die Studierenden kennen, verstehen und							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

	<p>beurteilen Messmethoden, erlernen, analysieren und bewerten den Einsatz von Messtechnik und ihre (Fehler-) Grenzen. Die Studierenden verstehen die gesamtheitliche Betrachtung aller Aspekte zur Vermeidung von Luftschadstoffen unter Berücksichtigung der gesetzlichen Grundlagen des Immissionsschutzes. Sie haben einen umfassenden Überblick über die internationalen Übereinkommen und europäischen Richtlinien/Verordnungen zum Schutz der Umwelt. Sie kennen die neuen Verordnungen zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS/CLP und REACH) einschl. der fachlichen Methoden zur Beurteilung von Chemikalien. REACH: Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der europäischen Chemikalienrechtsprechung und können Stoffe hinsichtlich der rechtlichen Gegebenheiten einordnen. Sie können politische, rechtliche, toxikologische und gesellschaftliche Aspekte zu einem Stoff bewerten und daraus einen Standpunkt erzeugen, den Sie darstellen und verteidigen können.</p>
[Womit]	<p>Indem sie wichtige Anforderungen aus dem Bundesimmissionschutzgesetz kennen- bzw. anwenden und auslegen lernen. Durch die Einführung und Anwendung in essenzielle Messmethoden, das Aufzeigen von Auswirkungen von Emissionen auf Klima und Umwelt, sowie die Dimensionierung und Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Luftreinhaltungsmaßnahmen wird die Fähigkeit zur experimentell-ingenieurmäßigen Arbeiten im Bereich der Luftreinhaltung geschult und das Durchschauen chemisch-technischer Zusammenhänge sowie das Übertragen auf Beispiele Fälle erweitert. Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über das aktuelle europäische und deutsche Chemikalienrecht und üben, Stoffe und deren rechtliche Situation einzuordnen. Sie erlernen, einen Stoff zu registrieren und deren mögliche Verwendung im europäischen Raum unter Beachtung der Expositionsszenarien abzuschätzen. REACH wird in allen seinen Aspekten präsentiert und durch einen Vortrag indem ein Stoff bzw. Stoffgruppe exemplarisch vorgestellt wird, geübt. Die Grundlagen der Toxikologie werden an zahlreichen Beispielen erläutert und geübt.</p>
[Wozu]	<p>Die Studierenden erwerben damit die notwendigen Kenntnisse, um an ihren zukünftigen Arbeitsplätzen in der chemischen Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen die Verwirklichung einer prozessoptimierten, effizienten, energie- und ressourcensparenden, gesetzeskonformen Equipment- und Anlagengestaltung</p>

	<p>beurteilen zu können sowie durch sicheres, wirtschaftliches Arbeiten umweltgerechte Produktionsprozesse zu gewährleisten. Sie werden befähigt, mit Standards und Normen zu arbeiten sowie Anträge für Luftreinhaltungsmaßnahmen zu lesen und zu erstellen. Auch beherrschen Sie die im Berufsalltag erforderlichen Prinzipien der Abluftreinigungsmaßnahmen und können prozessbezogen die richtige Messtechnik auswählen. Die Studierenden werden in der Lage sein, wissenschaftliche Erkenntnisse auf konkrete Problemstellungen und Sachverhalte selbstständig zu übertragen, das Risiko chemischer Substanzen zu bewerten, darzustellen und zu präsentieren. Beitrag der Veranstaltung zu den Schwerpunktthemen des Fachbereiches: Chemie 4.0, Oberflächen und Nachhaltigkeit. REACH ist Grundlage jedes unternehmerischen Handelns in der chemischen Industrie und somit auch Grundlage von F+E Projekten in der Industrie. Prognosefähigkeiten zur Zukunft von Chemikalien im Rechtsraum sind wichtig, um Entwicklungen zu starten oder abzubrechen.</p>
Inhalt	<p>Luftreinhaltung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesetzestexte (z.B. aus „http://www.gesetze-im-internet.de/aktuell.html“) <input type="checkbox"/> Quellen von Luftschatdstoffen und deren Bedeutung <input type="checkbox"/> Besprechung der relevanten Luftschatdstoffe und deren Wirkungen <input type="checkbox"/> Emission und Immission • Analytische Bestimmung ausgewählter Luftschatdstoffe <input type="checkbox"/> Minderungstechniken <p>REACH</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begriffe • Registrierung • SIEF • Risikobeurteilung • SVHC Prozess • REACH im Recycling • REACH und Polymere • CLP-VO und REACH
Studien- und Prüfungsleistungen	Benotete bis zu 60-minütige schriftliche Modulprüfung oder 60-minütige mündliche Modulprüfung oder benotete Studien- oder Hausarbeit (10-30 Seiten) oder 20-minütiger Vortrag gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung.

	<p>Die Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters festgelegt.</p> <p>REACH Testat (Seminarvortrag) Vortrag (20 Minuten) zur rechtlichen, gesellschaftlichen, toxikologischen und politischen Situation eines Stoffes.</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Unterlagen und Power-Point aus der Vorlesung werden digital zur Verfügung gestellt.
Literatur:	<p>Luftreinhaltung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesetzesexte (z.B. aus „http://www.gesetze-im-internet.de/aktuell.html“) • <u>Fachwissen Umwelttechnik, Thomas Dietrich, Europa, 2011</u> • Taschenbuch der Umwelttechnik, Karl Schwister, Hanser, 2009 • Umwelt Technik – kompakt, Klaus Helling, Klett, 2008 • Basiswissen Umwelttechnik, Matthias Bank, Vogel, 2006 • K.Görner u. K.Hübner, Hütte Umweltschutztechnik, Springer Verlag (1999) • Umweltschutz in der Praxis, Fritz Baum, Oldenbourg, 1997 <p>REACH</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesetzesexte (z.B. aus „umwelt-online.de“ (Lizenzzabkommen) und erläuternde Kommentare/Texte (z.B. aus Websites des BMU, UBA, BG Chemie, Wikipedia etc.) • <u>M. Führ, Praxishandbuch REACH, Carl Heymanns Verlag, 2011</u> • Peter-Christoph Storm, Umweltrecht (UmwR), Verlag Beck, neueste Auflage <p>•</p>

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Masterarbeit							
Code-Nr.								
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen								
Zuordnung zum Curriculum	M.Eng. Chemieingenieurwesen / Pflichtmodul							
Angebotshäufigkeit	Jedes Semester							
Modulverantwortliche(r)	Alle Professor:innen des Fachbereichs Chemie.							
Dozent:in	Alle Professor:innen und Lehrbeauftragte des Fachbereichs Chemie							
Sprache	Deutsch/englisch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
		500	250					
Kreditpunkte	30 CP (davon 25 CP für die schriftliche Masterarbeit und 5 CP für das Kolloquium)							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Zulassung zur Masterarbeit: mind. 80 CP siehe §§ 20 bis 23 der PO Kolloquium: 115 CP, siehe § 23 der PO							
Empfohlene Voraussetzungen	Erfolgreiches Absolvieren aller Plicht- und Wahlpflichtmodule des Masterstudiengangs							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden können innerhalb eines festgelegten Zeitrahmens ein Thema aus dem Bereich des Chemieingenieurwesens eigenständig und lösungsorientiert bearbeiten, sowohl in Bezug auf fachliche Einzelheiten als auch der fachübergreifenden Zusammenhänge. Hierfür wenden sie wissenschaftliche und fachpraktische Methoden unter Betreuung der Dozent:innen aber selbstständig an und besitzen die nötige Resilienz, wenn nicht der erste Lösungsweg zum Erfolg führt.							
[Womit]	indem sie ein fachspezifisches Problem des Chemieingenieurwesens präzise beschreiben und analysieren, die einschlägige wissenschaftliche Literatur recherchieren, sorgfältig auswerten, Lösungsstrategien entwickeln, Untersuchungen zur Problemlösung							

	durchführen, diese methodisch auswerten, die Ergebnisse dokumentieren und schließlich in einem Bericht sowie einem Vortrag (Kolloquium) präsentieren. Hierbei sollen die erhaltenen Ergebnisse zusammengefasst, bewertet und diskutiert werden.
[Wozu]	um später in akademischen und berufspraktischen Zusammenhängen eigenständig auf entsprechende wissenschaftliche und fachpraktische Problemstellungen eingehen und diese lösen zu können.
Inhalt	<p>Wissenschaftlich anspruchsvolle Aufgabenstellung aus den Fachgebieten der Schwerpunktbereiche des Fachbereichs Chemie.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ detaillierte Literaturarbeit ✓ Entwicklung von Arbeitskonzepten ✓ tägliche Arbeitsplanung ✓ Teamarbeit in einer Arbeitsgruppe ✓ Ergebniszusammenfassung und kritische Ergebnisbewertung ✓ wissenschaftliche Dokumentation der Arbeiten, unter Verwendung moderner Darstellungsmethoden. <p>Die Durchführung der Masterarbeit außerhalb der Hochschule Niederrhein (Industrie, Forschungsinstitute) ist nach Absprache möglich.</p>
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Die wissenschaftlichen Arbeiten werden in einer schriftlichen Masterarbeit niedergelegt. Die Masterarbeit wird durch zwei PrüferInnen bewertet. Die Ergebnisse der Arbeit werden in einem Kolloquium mit nachfolgender Diskussion vorgestellt. Das Kolloquium wird als mündliche Prüfung durchgeführt und von den Prüfern der Masterarbeit gemeinsam bewertet.</p> <p>Die Bearbeitungszeit der Masterarbeit beträgt 6 Monate. Der Umfang des schriftlichen Teils der Masterarbeit soll in der Regel 40 DIN-A4-Seiten nicht unterschreiten und 140 DIN-A4-Seiten nicht überschreiten</p> <p>Näheres regelt die "Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Chemieingenieurwesen an der Hochschule Niederrhein"</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitschriftenliteratur, Bücher, Patentschriften aus den Themengebieten • Die Literatursuche ist Bestandteil der Masterarbeit • Hans Friedrich Ebel, Claus Bliefert (2009) „Bachelor-, Master- und Doktorarbeit: Anleitungen für den naturwissenschaftlich-technischen Nachwuchs“, Wiley-VCH.

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Prozesskunde							
Code-Nr.	1680							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Krekel							
Dozent:in	Prof. Dr. Krekel							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Prozesskunde	4	-	-	-			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Bachelor in Chemieingenieurwesen							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden kennen technische und wirtschaftliche Aspekte, Vorgehensweisen und Hilfsmittel zur Beschreibung chemisch-technischer Produktionsverfahren. Sie können chemisch-technische Prozesse unter Nutzung relevanter Kriterien auf ihre Eignung für die Anwendung in der Praxis beurteilen. Sie kennen den Ablauf von Verfahrensentwicklungen sowie die Bedeutung von Versuchsanlagen. Sie sind in der Lage, heuristische oder andere Regeln zur Entwicklung von Verfahrensvarianten anzuwenden und diese Varianten technisch und wirtschaftlich zu beurteilen. Sie können Stoff- und Wärmebilanzen für stationäre und einfachere instationäre Prozesse mit Recycle-Strömen und chemischer Reaktion aufstellen. Sie kennen den Einfluss							

	<p>von Betriebs- und Investitionskosten als Funktion von Prozessvariablen auf die wirtschaftliche Gestaltung von Prozessen (Kostenoptimierung). Sie kennen Methoden zur Abschätzung von Investitionskosten und Herstellungskosten sowie Rentabilitätskriterien zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Projekten.</p>
[Womit]	<p>Aufbauend auf Kenntnissen über Prozesse der industriellen anorganischen und organischen Chemie aus dem Bachelor-Studium erlernen die Studierenden in der seminaristisch durchgeführten Vorlesung im Dialog und in Eigenleistung industrielle Chemieprozesse ganzheitlich hinsichtlich technischer, sicherheitstechnischer, umweltrelevanter und betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte zu bewerten. Dies erfolgt an realen Beispielen aus der industriellen Praxis. Auf Basis der in der Vorlesung ermittelten Methodik der Verfahrensentwicklung, entwickeln die Studierenden mit gegebenen Stoff- oder Reaktionsdaten und Produktspezifikationen Varianten für verfahrenstechnische Prozesse und bewerten diese. Hierfür werden Regeln für die Auswahl von Grundoperationen und für die Verschaltung dieser angewandt. Die Studierenden lernen eigenständig kontinuierliche und diskontinuierliche industrielle Prozesse unter Angabe von zum Teil unscharfen Randbedingungen zu bilanzieren. Sie schätzen darüber hinaus Betriebs- und Investitionskosten von Prozessen ab und prüfen die Rentabilität von industriellen Verfahren. Für das Eigenstudium und die Prüfungsvorbereitung werden ein Skript sowie passende Probleme und Aufgaben zur Bearbeitung durch die Studierenden in elektronischer Form zur Verfügung gestellt.</p>
[Wozu]	<p>Die Studierenden sollen ein ganzheitliches Verständnis für chemische Prozesse im industriellen Maßstab erhalten und diese technisch, sicherheits- und umwelttechnisch sowie betriebswirtschaftlich bewerten können. Das Modul gibt den Studierenden Methoden an die Hand, wie Verfahrensneu- oder weiterentwicklungen angegangen werden können. Grundlage dafür ist die Fähigkeit Prozesse zu bilanzieren. Weiterhin ist die Schätzung von Betriebs- und Investitionskosten für Neu- oder Umbauten tägliche Praxis in Unternehmen der chemischen Industrie und dem Anlagenbau. Die Inhalte der Vorlesung sind daher integraler Bestandteil des Berufsbildes eines Chemieingenieurs.</p>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Chemische Prozesse und Chemiewirtschaft</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Besonderheiten chemischer Prozesse ○ Chemiewirtschaft und Struktur von Chemieunternehmen

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bedeutung von Forschung und Entwicklung ○ Entwicklungstendenzen <ul style="list-style-type: none"> • <u>Charakterisierung chemischer Produktionsverfahren</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Unterschiede zwischen Laborsynthesen und technischen Prozessen ○ Struktur von chemischen Verfahren ○ Fließbilder und weitere Schemata zur Darstellung chemisch-technischer Prozesse <ul style="list-style-type: none"> • <u>Gesichtspunkte der Verfahrensauswahl</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Stoffliche Aspekte ○ Energieaufwand ○ Sicherheit ○ Umwelt ○ Betriebsweise <ul style="list-style-type: none"> • <u>Einführung in die Verfahrensentwicklung</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ausgangssituation und Ablauf ○ Verfahrensinformationen ○ Stoff- und Energiebilanzen ○ Überblick über Versuchsanlagen ○ Verfahrensoptimierung <ul style="list-style-type: none"> • <u>Spezielle Aspekte der Verfahrensentwicklung</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Methodische Lösungssuche ○ Prozesssynthese ○ Prozessanalyse ○ Prozessbewertung <ul style="list-style-type: none"> • <u>Wirtschaftlichkeit von Verfahren</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Erlöse und Kosten ○ Herstellungskosten ○ Wirtschaftliche Kapazitätsauslastung ○ Wirtschaftlichkeit zu Projekten <ul style="list-style-type: none"> • <u>Übungen zur Beurteilung von chemisch-technischen Prozessen, der Entwicklung von Verfahren und zur Erstellung von Stoff- und Energiebilanzen in seminaristischer Form</u>
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 120 minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung und Übungen. Testat*: n/a</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>

Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Skript und Mitschriften von elektronischen Tafeln, Moodle-Kurs mit Vorlesungs- und Selbstübungen und Zusatzinformationen
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • U. Onken, A. Behr: „Chemische Prozeßkunde“, Thieme, Stuttgart, 1996. • M. Baerns et al.: „Technische Chemie“, 2. Aufl., WILEY-VCH, 2013. • G. Emig, E. Klemm: „Technische Chemie“, 6. Aufl., Springer, Berlin, 2017. • C. Bliefert: „Umweltchemie“, 3. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim, 2002. • H. Vogel: „Lehrbuch der Chemischen Technologie“, Wiley-VCH, Weinheim, 2004. • M. Bertau, A. Müller, P. Fröhlich, M. Katzberg: „Industrielle anorganische Chemie“, 4. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim, 2013. • H.-J. Arpe: „Industrielle organische Chemie“, 6. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim, 2007. • W. Albert et al.: „Fluid-Verfahrenstechnik“, Band 1, Goedecke, R. (Hrsg.), Wiley-VCH, Weinheim, 2007. • A. Behr, D.W. Agar, J. Jörissen: „Einführung in die Technische Chemie“, 2. Aufl., Springer Spektrum, Berlin, 2016. • E. Blass: Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse, 2. Aufl., Springer, Berlin, 1997.

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Projekt CFD Strömungsmechanik							
Code-Nr.	1690							
ggf. Untertitel	Strömungsdynamik - Einstieg in die CFD-Strömungssimulation mittels OpenFoam®							
ggf. Lehrveranstaltungen	CFD Strömungsmechanik							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr.-Ing. habil. Heyko Jürgen Schultz							
Dozent:in	Prof. Dr.-Ing. habil. Heyko Jürgen Schultz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	CFD Strömungsmechanik			5				
	Seminar Vertiefung				1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Grundvorlesungen zur Mathematik, Physik und Chemie (incl. Praktika).							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Im Rahmen des digitalen Seminars wird ein Einstieg in die CFD-Strömungssimulation mittels OpenFoam® gefunden. Die Studierenden sollen einfache bis mittelschwere technische Aufgabenstellungen modellieren, simulieren, auswerten, interpretieren und iterativ optimieren. Die Studierenden können dadurch ingenieurtechnische Aufgabenstellungen zielgerichtet, strukturiert, selbstorganisiert und mit frei verfügbarer Software unter Anwendung von Modellierungs- und Simulationsmethoden kreativ lösen. Zudem wird im Rahmen der Ergebnisdiskussion und -interpretation wissenschaftliches Hinterfragen, Kombinieren,							

	Übertragen, Gegenüberstellen von Varianten, Einschätzen und Interpretieren praktiziert.
[Womit]	Dies gelingt, indem die Studierenden die Aufgabenstellung analysieren, hierzu inhaltlich recherchieren, die erforderlichen Aufgaben mit dem Dozenten abstimmen und die jeweilige Modellierungs- und Simulationsaufgabe strukturieren und aufteilen, sachgerechte Programmierung, Dokumentation und Kommunikation in den einzelnen Modellierungs- und Simulationsabschnitten anwenden und formulieren, die selbstständige Anwendung von bereits erworbenem mathematischen und programmiertechnischen Fachwissen vertiefen und selbstständig erforderliches Fachwissen erarbeiten, Lösungen gestalten und bewerten, Verfahrensvarianten evaluieren, Sensitivitätsanalysen durchführen, Alternativen gegenüberstellen und das Optimum auswählen.
[Wozu]	Die Studierenden sind in der Lage, zukünftig im Rahmen von ingenieurtechnischen Fragestellungen im arbeitsteiligen Berufsalltag Strömungssimulationen mit kostenfreier Software erfolgreich durchführen zu können, die behandelten Prozesse aus der Betriebspraxis in den digitalen Raum zu übertragen und umgekehrt, dadurch mitzugestalten, zu planen, einzusetzen und zu verbessern. Die Studierenden erlernen den Einsatz moderner digitaler Simulationsmethoden und die Übertragung mathematischer sowie programmiertechnischer Kenntnisse in die Simulationspraxis. Die Studierenden erarbeiten sich damit die notwendigen Voraussetzungen, um an ihren zukünftigen Arbeitsplätzen in der chemischen Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen die Verwirklichung einer prozessoptimierten, effizienten, energie- und ressourcensparenden, gesetzeskonformen Equipment- und Anlagengestaltung beurteilen zu können sowie durch sicheres, wirtschaftliches, wissenschaftliches Arbeiten nachhaltige Produktionsprozesse zu gewährleisten. Mit diesem Modul werden folgende Future Skills bzw. ausgewählte Schlüsselkompetenzen gemäß Definition des Stifterverbandes (https://www.stifterverband.org/future-skills/framework) vermittelt und adressiert: Problemlösungsfähigkeit, Kreativität, Adoptionsfähigkeit und Durchhaltevermögen im Bereich „Klassische Fähigkeiten“, Digital Literacy, Agiles Arbeiten und Digital Learning im Bereich „Digitale Grundfähigkeiten“ sowie Kommunikation und Teamarbeit im Bereich „Klassische Schlüsselkompetenzen“. Beitrag

	der Veranstaltung zu den Schwerpunktthemen des Fachbereiches: Chemie 4.0 und Nachhaltigkeit.
Inhalt	Beginnend mit Grundlagen, den Umgang mit OpenFOAM® und Auswerteprogrammen wie Blender®, über Aufsetzen zu simulierender Systeme (Preprocessing), die Simulation selber (Solving) und schließlich die Darstellung der Ergebnisse (Postprocessing) wird die vollständige Simulationskette an Beispielen durchgeführt.
Studien- und Prüfungsleistungen	Die Ergebnisse von drei bis fünf (je nach Umfang) selbst durchgeführten Simulationsaufgaben werden als Leistungsnachweis eingereicht und bewertet. Eine der Simulationsaufgaben muss vor Ort im Beisein von Lehrpersonal innerhalb von 60-90 min (je nach Simulationsumfang) abgelegt werden. Zudem gibt es einen benoteten Moodletest. Simulationsthemenvorgabe durch den Dozenten zu speziellen, fachspezifischen Aufgabenstellungen.
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Übungen, Power-Point aus der Vorlesung und Skript, ggf. Moodle-Kursraum für Vorlesung und Seminar
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Artikel aus der Fachliteratur wie Büchern, Journalen und Patentschriften</u> • <u>Weitere Literaturempfehlungen durch die jeweiligen Dozent*Innen</u> • Joel H. Ferziger , Milovan Perić , Robert L. Street: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, ISBN: 978-3-319-99691-2, 2020 • Sal Rodriguez: Applied Computational Fluid Dynamics and Turbulence Modeling - Practical Tools, Tips and Techniques, Springer, ISBN: 978-3-030-28690-3, 2019 • J. Miguel Nóbrega, Hrvoje Jasak: OpenFOAM® - Selected Papers of the 11th Workshop, Springer, ISBN: 978-3-319-60845-7, 2019 • Rüdiger Schwarze: CFD-Modellierung- Grundlagen und Anwendungen bei Strömungsprozessen, Springer, ISBN: 978-3-642-24377-6, 2013 • John F. Wendt: Computational Fluid Dynamics - An Introduction, Springer, ISBN: 978-3-540-85055-7, 2009 • Joel H. Ferziger , Milovan Perić: Numerische Strömungsmechanik, Springer, ISBN: 978-3-540-68228-8, 2008 • Anja R. Paschedag: CFD in der Verfahrenstechnik: Allgemeine Grundlagen und mehrphasige Anwendungen, Wiley, ISBN: 9783527309948, 2004 • Aktuelle Handbücher zur verwendeten Software

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Automatisierungstechnik							
Code-Nr.	1700							
ggf. Untertitel	Anwendungsorientierte Regelung und Automatisierung in der Chemie							
ggf. Lehrveranstaltungen	Automatisierungstechnik							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr.-Ing. habil. Heyko Jürgen Schultz							
Dozent:in	Prof. Dr.-Ing. habil. Heyko Jürgen Schultz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Automatisierungstechnik	2			2			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Grundvorlesungen zur Mathematik, Physik und Chemie (incl. Praktika), Vorlesungen zu Chemische Apparatekunde, Anlagen-, Mess- und Regelungstechnik (CAAMR).							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden erwerben vertiefte theoretische und praxisbezogene Kenntnisse über automatisierungs- und Regelungstechnische Aufgabenstellungen in Chemieanlagen und gewinnen einen fundierten Einblick in das dynamische Regelkreisverhalten incl. seiner mathematischen Beschreibung und Berechnung. Die Studierenden kennen und verstehen weiterführende Grundbegriffe, Formalismen, wichtige Grundoperationen (Auswahl) und Modellbildungsstrategien der Regelungstechnik. Sie sind in der Lage, die behandelten Prozesse in der Betriebspraxis mitzugestalten, zu planen, zu konzeptionieren, Verfahrensvarianten							

	<p>gegenüberzustellen, zu beurteilen, einzusetzen und ggf. zu überwachen. Sie erkennen grobe regeltechnische Fehlfunktionen, ziehen Schlüsse hieraus und erlangen die Fähigkeit zum Kommentieren sowie zur intensiven fachlichen Verständigung mit Regelungstechniker*Innen in einer Chemieanlage. Gleichzeitig können sie anspruchsvolle messtechnische Lösungen ermitteln, beurteilen und kritisch würdigen. Die Studierenden lernen zudem Regelungsstrategien komplexer chemischer Prozesse und Einzelequipments kennen sowie die Verarbeitung und Übertragung von EMR-Signalen in und mit Prozessleitsystemen. Wichtiger Bestandteil des Moduls ist die Befähigung zum kritischen aber konstruktiven wissenschaftlichen Diskurs, Entwicklung der eigenen technischen Kreativität, das gegenseitige konstruktive Kritisieren und das Entscheiden bzgl. einzusetzender Equipments im Spannungsfeld Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit.</p>
[Womit]	<p>Dies gelingt, indem sie an Beispielprozessen, z.B. der Automatisierung von Rektifikationskolonnen die wesentlichen Begrifflichkeiten und Zusammenhänge der Automatisierungsstrategie identifizieren, diskutieren, auswählen und veranschaulichen sowie die Formalismen, Formeln und Techniken einüben und anwenden, Mechanismen sogar auf andere Prozesse übertragen. Außerdem durch die Einführung komplexer aktueller Messtechniken sowie deren Interpretation und Anwendung im Produktionsprozess.</p>
[Wozu]	<p>Die Studierenden erlernen damit die notwendigen Kenntnisse, um an ihren zukünftigen Arbeitsplätzen in der chemischen Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen die Verwirklichung einer prozessoptimierten, effizienten, energie- und ressourcensparenden, gesetzeskonformen Equipment- und Anlagengestaltung beurteilen zu können sowie durch sicheres, wirtschaftliches Arbeiten nachhaltige Produktionsprozesse zu gewährleisten. Sie können in technischen Fragestellungen die automatisierungstechnische Struktur erkennen, als mathematisches Problem formulieren und dieses lösen. Auch beherrschen Sie die im Berufsalltag erforderlichen Prinzipien der prozessbezogenen, richtigen Messtechnikauswahl und Berechnung von Regelparametern sowie der Auswahl von Abschott- und Entlastungssystemen, um die Prozessautomatisierung schnell und verlässlich zu erreichen. EzA-Klassifizierungen, SIL-Einstufungen sowie Erstellung von Risiko-Matrices werden im Arbeitsalltag sicher</p>

	<p>gehendhabt werden können. Mit diesem Modul werden folgende Future Skills bzw. ausgewählte Schlüsselkompetenzen gemäß Definition des Stifterverbandes (https://www.stifterverband.org/future-skills/framework) vermittelt und adressiert:</p> <p>Problemlösungsfähigkeit, Kreativität, Adoptionsfähigkeit und Durchhaltevermögen im Bereich „Klassische Fähigkeiten“, Digital Literacy, Kollaboration, Agiles Arbeiten und Digital Learning im Bereich „Digitale Grundfähigkeiten“ sowie Kommunikation und Teamarbeit im Bereich „Klassische Schlüsselkompetenzen“. Beitrag der Veranstaltung zu den Schwerpunktthemen des Fachbereiches: Chemie 4.0 und Nachhaltigkeit.</p>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagensicherheit durch automatisierte Abschott- und Entlastungssysteme • Detektionssysteme zur Erkennung von Stofffreisetzungen • Prozessleittechnik • Systeme zur Realisierung von Betriebs- und Überwachungsfunktionen („basic process control systems“, BPCS) • Systeme zur Realisierung von Schutzfunktionen („safety instrumented systems“, sicherheitstechnische Systeme, SIS) • EzA-Klassifizierung • Risikomatrices • SIL („Safety Integrity Level“ Sicherheitsintegritätslevel), Risikograph • Füllstandmessungen, kontinuierliche Systeme und diskontinuierliche Grenzstandsdetektion • Messprinzipien: Piezo-Vibration, kapazitiv, konduktiv, hydrostatisch, Mikrowelle, Ultraschall etc. • Sensoren und Elektronik-Einsätze • Messtechnische Korrosionsüberwachung • Vakummesstechnik • Wichtige Automatisierungs- und Regelungsstrategien komplexer chemischer Prozesse wie Destillation, Rektifikation, Batch- und Konti-Rührkesseln etc. und Einzelequipments wie Pumpen, Gebläse, Verdichter etc. • Verarbeitung und Übertragung von EMR-Signalen in und mit Prozessleitsystemen • Es werden ausgewählte Kapitel bzw. Abschnitte aus in der Vorlesung genannten Lehrbüchern oder aktuellen regelungs- und messtechnischen Themen in Form von benoteten Referaten, Hausarbeiten und Vorträgen behandelt, in welchen ebenfalls differenziert an komplexe Automatisierungsaufgaben herangegangen wird sowie nach eigener Einschätzung beurteilt und entschieden werden soll, wie regelungstechnische Aufgabenstellungen im Spannungsfeld zwischen Funktion, Sicherheit und Kosten umgesetzt werden.

Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete Studien- oder Hausarbeit (Themenvorgabe durch Dozenten, 10-40 Seiten) mit 20-minütigen Vortrag über die Inhalte der Vorlesung in Form benoteter Einzel- und Gruppenvorträge zu speziellen regelungstechnischen Aufgabenstellungen. Hierbei werden für je eine Einzel- und eine Gruppenaufgabe je sowohl die schriftliche Ausarbeitung als auch der mündliche Vortrag benotet (Notengewichtung: = 1 : 1). Es gibt also vier Teilleistungen: Einzelaufgabe: Note 1 für schriftliche Ausarbeitung und Note 2 für mündlichen Vortrag. Gruppenaufgabe: Note 3 für schriftliche Ausarbeitung und Note 4 für mündlichen Vortrag. Aus den vier Teilleistungen (Gewichtung: 1 : 1 : 1: 1) wird eine Gesamtmodulnote für das Modul Automatisierungstechnik ermittelt. Zu Beginn der Veranstaltung (Teilmmodul) wird der jeweilige Prüfungsmodus festgelegt. Die letzten Veranstaltungstermine im Semester werden für die Vorträge reserviert.</p> <p>Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Übungen, Power-Point aus der Vorlesung und Skript, Moodle-Kursraum für Vorlesung und Seminar
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Valentin Plenk: Grundlagen der Automatisierungstechnik kompakt, Springer, ISBN: 978-3-658-24468-2, 2019</u> • <u>Berthold Heinrich , Petra Linke , Michael Glöckler: Grundlagen Automatisierung - Sensorik, Regelung, Steuerung, Springer, ISBN: 978-3-658-17582-5, 2017</u> • <u>Carl Friedrich Gethmann, Peter Buxmann, Julia Distelrath, Bernhard G. Humm, Stephan Lingner, Verena Nitsch, Jan C. Schmidt, Indra Specker genannt Döhmann: Künstliche Intelligenz in der Forschung - Neue Möglichkeiten und Herausforderungen für die Wissenschaft, Springer, ISBN: 978-3-662-63448-6,2022</u> • <u>J. Unger, Einführung in die Regelungstechnik (...mit Anwendungen aus Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften), 3. Aufl. (oder neuere), Teubner, Wiesbaden 2004, ISBN 3-519-20140-2</u> • <u>H. Lutz und W. Wendt: Taschenbuch der Regelungstechnik: mit MATLAB und Simulink. Verlag Europa-Lehrmittel (2014)</u> • <u>H. Gassmann: Regelungstechnik, Ein praxisorientiertes Lehrbuch Verlag Harry Deutsch</u> • <u>E. Ignatowitz: Chemietechnik. 10. Aufl., Verlag Europa-Lehrmittel (2015)</u> • <u>M. Schleicher, F. Blasinger: Regelungstechnik. Firmenschrift Fa. JUMO, Fulda (2000) oder neuere</u> • <u>Simulationsssoftware „BORIS-LIGHT“, Version 3.09, Ingenieurbüro Dr. J. Kahlert</u>

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• <u>W. Schneider: Regelungstechnik für Maschinenbauer. Vieweg,</u>• <u>H.-W. Philippien: Einstieg in die Regelungstechnik. Fachbuchverlag Leipzig /Hanser 2004</u> <p><u>weiterführend:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Unbehauen, H.: Regelungstechnik I, II, III</u>• <u>Föllinger, O.: Regelungstechnik. Hüthing,</u>• <u>Dorf, R.C. und R.H. Bishop: Moderne Regelungssysteme</u>• <u>Große, N. und W. Schorn: Taschenbuch der praktischen Regelungstechnik</u>• <u>Weitere Quellen in der Vorlesung.</u> |
|--|--|

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Technische Chemie I (MVT)							
Code-Nr.	1710							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	TC I – Mechanische Verfahrenstechnik							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Krekel							
Dozent:in	Prof. Dr. Krekel							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	TC I – Mechanische Verfahrenstechnik	4	-	-	-			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Bachelor-Studium des Chemieingenieurwesens oder vergleichbar; Vorlesung Prozesskunde							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden verstehen das Zusammenspiel von physikalisch-chemischen Zustandsänderungen und der Bauform eines Apparats in einer Grundoperation. Sie können ausgehend von den allgemeinen Bilanzgleichungen für Masse, Energie und Impuls durch Vereinfachungen spezielle Bilanzgleichungen für Grundoperationen ableiten und unter Nutzung von Randbedingungen lösen. Sie können dimensionslose Kennzahlen aus relevanten Prozessparametern ableiten, Kriteriengleichungen erzeugen und diese für Maßstabsübertragungen anwenden. Sie können mechanische Grundoperationen in Abhängigkeit von Betriebsweise und Stromführung und unter Nutzung von Kraftfeldern,							

	Transportgleichungen und Bilanzen berechnen und hydraulisch auslegen.
[Womit]	Aufbauend auf Kenntnissen der Verfahrenstechnik aus dem Bachelor-Studium erlernen die Studierenden in der seminaristisch durchgeführten Vorlesung im Dialog und in Eigenleistung geeignete mechanisch-verfahrenstechnische Grundoperationen mit für die Aufgabe geeigneten Wirkprinzipien auszuwählen und ihre Vor- und Nachteile zu bewerten. Anhand von Beispielen aus der ingenieurtechnischen Praxis werden die Wechselwirkungen von Fluid- und Feststofftransport mit der Geometrie der Apparate erörtert. Die Studierenden leiten aus allgemeinen Bilanzierungsgleichungen für die jeweils betrachtete Grundoperation vereinfachte Bilanzierungsgleichungen ab, lösen zugehörige Differentialgleichungen und legen die Ausrüstung aus. Alternativ dazu wenden sie in der Literatur vorhandene Kriteriengleichung auf Scale-up-Problematiken an. Dies wird in Übungen und dem zugehörigen Praktikum vertieft. Für das Eigenstudium und die Prüfungsvorbereitung werden ein Skript sowie passende Probleme und Aufgaben zur Bearbeitung durch die Studierenden in elektronischer Form zur Verfügung gestellt.
[Wozu]	Die Studierenden werden in die Lage versetzt, unter Berücksichtigung geeigneter Wirkprinzipien geeignete Grundoperationen der mechanischen Verfahrenstechnik wie Zerkleinern, Agglomerationen, Trennen und Mischen auszuwählen, zu bilanzieren und die Maße und Gestalt der Apparate auszulegen. Dies ist die Voraussetzung für die konstruktive Berechnung und den Bau dieser Ausrüstung. Weiterhin werden Sie befähigt, Versuchsapparaturen aufzubauen, in denen das Verhalten von dispersen Stoffsystmen untersucht werden kann, was eine Voraussetzung für das ebenfalls vermittelte Scale-up der Prozesse ist. Hierdurch werden die Studierenden befähigt, verfahrenstechnisch im Anlagenbau, in der chemischen Industrie und in artverwandten Industrien zu arbeiten. Die Inhalte der Vorlesung sind daher integraler Bestandteil des Berufsbildes eines Chemieingenieurs.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Einführung</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Aufgaben und Stellung der Verfahrenstechnik ○ Prinzip der Grundoperation ○ Übersicht über Gebiete der mechanischen Verfahrenstechnik • <u>Stoff, Energie und Impuls</u>

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Allgemeine Behandlung von Transportgesetzen und Bilanzen ○ Stoff- und Energiebilanz ○ Impulsbilanz (Navier-Stokes-Gleichung mit Anwendungen) <ul style="list-style-type: none"> • <u>Dimensionsanalyse</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Dimension und physikalische Größen ○ Modelltheorie und Ähnlichkeitstheorie ○ Vertiefte Anwendung auf verschiedene um- oder durchströmte Systeme • <u>Charakterisierung disperter Systeme</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Disperse Systeme, Prozessfunktion, Eigenschaftsfunktion ○ Eigenschaften von Einzelpartikeln (Merkmalsbegriff, statistische Längen, Äquivalentdurchmesser, spezifische Oberfläche, Formfaktoren, Porosität (u.a.)) ○ Verteilungen und Mittelwerte (Mengenartsbegriff, spezielle Verteilungsfunktion, Berechnung der spezifischen Oberfläche von Schüttgütern) ○ Partikelgrößenanalyse (verschiedene Verfahren) ○ Durchströmung von Partikelschichten (Festbetten, Wirbelschichten – Modellierung und empirische Ansätze) • <u>Grundlagen mechanischer Makroprozesse</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Mikro-, Makroprozesse und Grundvorgänge ○ Prozessmodell und Wirkprinzipien ○ Populationsbilanz ○ Disperse Stoffströme (Beherrschung und Vergleichsmäßigung) • <u>Zerkleinerungsprozesse</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Partikelbeanspruchung und Materialeigenschaften ○ Bruchverhalten und Bruchenergie ○ Zerkleinerungsmaschinen für Feststoffe • <u>Agglomerieren</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Wechselwirkungen in dispersen Systemen (Bindungsmechanismen, Modellierung der Agglomeratfestigkeit, Stabilität von Suspensionen) ○ Aufbau- und Pressagglomeration (Apparate und Scale-up) • <u>Aufbereitungsprozesse</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Kennzeichen des Trennerfolgs (Trennfunktion, Trengrenzen, Trennschärfe) ○ Siebklassieren
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Stromklassieren (nass/trocken) im Schwerefeld, Starkkörperwirbel, Potentialwirbel mit Apparaten ○ Sortieren (Dichte-, Magnet und Elektrosortieren) ○ Flotation (Reagenzregime, Hydrodynamik und Apparate) <p>• <u>Trennen disperter Systeme</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Fest-Flüssig-Trennen (Eindicken, Zentrifugieren und Filtrieren mit Apparaten und Modellierung) ○ Entstauben (Wirkprinzipien, Massenkraftabscheider, filtrierende Abscheider, Nassabscheider, Elektroabscheider) <p>• <u>Mischprozesse</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Rühren (Bauformen, Leistungsbedarf, Ähnlichkeit des Rührvorgangs, verschiedene Rührprozesse) ○ Feststoffmischen (Bewertung des Mischungszustands, Apparate) ○ Statisches Mischen <p>• <u>Lagerung von Schüttgütern</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Fließeigenschaften von Schüttgütern ○ Silos und Schüttgutaustrag
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 60 minütige mündliche oder 120 minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung für alle Studierenden gleich über die Inhalte der Vorlesung und Übungen. Festlegung der Prüfungsform zu Beginn des Semesters.</p> <p>Testat*: n/a</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Skript und Mitschriften von elektronischen Tafeln, Moodle-Kurs mit Vorlesungs- und Selbstübungen, Filme
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Vauck, R.A., Müller, H.A.: „Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik“, 11. Aufl., Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 2000. • Baerns, M. et al. „Technische Chemie“, 2. Aufl. Wiley-VCH, 2013. • Bauckhage, K. et al. in „Handbuch der mechanischen Verfahrenstechnik“, Band 1 und 2, Schubert, H. (Hrsg.), WILEY-VCH, Weinheim 2003. • Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5. Edition, Volume B2 (Unit Operations I), W. Gerhartz et al. (Eds.), VCH, Weinheim, 1988. • Stieß, M.: „Mechanische Verfahrenstechnik Bd. 1 und 2“, 1. bzw. 3. Aufl., Springer, Berlin, 2009/1997.

- Müller, W.: „Mechanische Grundoperationen und ihre Gesetzmäßigkeiten“, 2. Aufl., de Gruyter, Berlin, 2014.
- H. Anlauf et al.: „Mechanische Verfahrenstechnik“, M. Bohnet (Hrsg.), WILEY-VCH, Weinheim, 2004.
- M. Zlokarnik „Scale-up – Modellübertragung in der Verfahrenstechnik“, 2. Auflage, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.
- R. Angst et al.: „Mischen und Rühren“, M. Kraume (Hrsg.), WILEY-VCH, Weinheim, 2003.
- H. Anlauf: „Wet Cake Filtration“, WILEY-VCH, Weinheim, 2019.
- D. Schultze: „Pulver und Schüttgüter“, 3. erg. Aufl., Springer Vieweg, Berlin, 2014.
- W. Bohl, W. Elmendorf: „Technische Strömungslehre“, 15. Aufl., Kamprath-Reihe, Vogel Business Media, Würzburg, 2014.
- J. Zierep, K. Bühler: „Grundzüge der Strömungslehre“, 10. Aufl., Springer Vieweg + Teubner, Berlin, 2015.
- L. Prandtl: „Prandtl – Führer durch die Strömungslehre“, fortgeführt durch M. Böhle et al., H. Oertel (Hrsg.), 14. Aufl., Springer, Berlin, 2017.
- S. Bschorer, K. Köttsch: „Technische Strömungslehre“, 12. Aufl. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2021.
- W. Bohl, W. Elmendorf: „Strömungsmaschinen 1“, 11. Aufl., Vogel, Würzburg, 2013.

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Spezielle chemische Reaktionstechnik und Katalyse							
Code-Nr.	1720							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Roppertz							
Dozent:in	Prof. Dr. Roppertz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Spezielle chemische Reaktionstechnik	2	0	-	-			
	Katalyse	2						
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Bachelorstudiengang Chemieingenieurwesen oder mindestens grundlegenden Kenntnisse der Reaktionstechnik aus einem anderen Bachelorstudium							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	<p>REAKTIONSTECHNIK II: Die Studierenden können für komplexe chemische Reaktionen eigenständig jeweils die geeigneten Reaktoren auswählen. Hierbei sind Sie in der Lage, sowohl mikrokinetische als auch makrokinetischen Ansätzen zu unterscheiden und richtig zu berechnen.</p> <p>KATALYSE: Die Studierenden können Katalysatoren hinsichtlich des Aufbaus und der Funktionsweise klassifizieren. Ferner können die Studierenden eine Testung der Katalysatoren vornehmen und deren Effizienz mit entsprechenden Kennzahlen ausdrücken.</p>							

[Womit]	<p>REAKTIONSTECHNIK II: Indem Sie Reaktionsnetzwerke für komplexe chemische Reaktionen aufstellen können und diese auf die Bilanzgleichungen der verschiedenen Reaktoren anwenden können. Mit Programmen wie Excel oder Polymath können die Studierenden die aufgestellten Bilanzgleichungen lösen bzw. hinsichtlich eines Parameters (z.B. Ausbeute, Wärmeentstehung etc.) optimieren.</p> <p>KATALYSE: In dem Sie die auf heterogene Katalysatoren bezogenen Grundprinzipien der Synthese, Charakterisierung und Testung erlernen. Weiterhin erlernen Sie die Prinzipien der Kinetik, Fluidynamik und Wärmebilanzierung an heterogen katalytischen Systemen.</p>
[Wozu]	<p>REAKTIONSTECHNIK II: Um effiziente chemische Reaktorsysteme konzipieren und berechnen zu können. Um die aus Simulationen resultierenden Ergebnisse aufgrund des eigenen fachlichen Verständnisses auf Plausibilität prüfen zu können.</p> <p>KATALYSE: Um Katalysatoren grundlegend Klassifizieren und Bilanzieren zu können, jedoch auch um Katalysatoren selbständig neu- oder weiterentwickeln zu können.</p>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Spezielle chemische REAKTIONSTECHNIK • Reaktormodell • Bilanzgleichungen verschiedener Reaktormodell • Reaktionsgleichungen komplexer Reaktionen • Wärmebilanzierung • Bilanzierung mikrokinetischer und makrokinetischer Reaktionsnetzwerke • KATALYSE • Homogene/heterogene Katalyse • Synthese und Charakterisierung von Katalysatoren • Testung und Bilanzierung von Katalysatoren im Labor / im Hochdurchsatz / in Realanlagen • Vergiftungsprozesse • Modellierung von Alterungsprozessen • Beispielhafte Auslegung realer Prozesse mit Katalysatoren
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 120 minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung und Skript

Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• <u>Chemical Reaction Engineering, Octave Levenspiel,</u> <u>ISBN: 978-0-471-25424-9</u>• <u>Technische Chemie, Baerns, Behr, Brehm,...., ISBN 978-</u> <u>3-527-34574-8</u>• <u>Handbook of heterogeneous catalysis, G. Ertl,</u> Online ISBN: 9783527610044 Technische Katalyse: Eine Einführung, Jens Hagen, ISBN: 978-3527287239
------------	---

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Projekt Prozesssimulation							
Code-Nr.	1730							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Krekel							
Dozent:in	Prof. Dr. Krekel und Promovierende							
Sprache	englisch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Prozesssimulation	-	-	5	1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Bachelor in Chemieingenieurwesen, Vorlesung Prozesskunde (besonders Thema Bilanzierung von Prozessen)							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden haben ein fundiertes theoretisches und praktisches Wissen zur Prozesssimulation in chemischen Anlagen. Sie kennen die Grundlagen der mathematischen Modellierung und Simulation von verschiedenen chemischen Prozessen. Sie kennen verschiedene kommerzielle und frei verfügbare Simulationssoftware sowie ihre Anwendungsbereiche. Sie können zwischen verschiedenen thermodynamischen Modellen unterscheiden und das jeweils passende Modell für verschiedene Simulationsaufgaben auswählen. Die Studierenden beherrschen den Umgang mit der Simulationssoftware CHEMCAD® und können Bilanzierungen, Apparateauslegungen, Optimierungen							

	sowie Kostenschätzungen in dieser durchführen. Sie sind in der Lage das Simulationsergebnis zu analysieren und evaluieren.
[Womit]	Aufbauend auf Kenntnissen über Thermodynamik, Bilanzierung sowie über wirtschaftliche und nachhaltige Auslegung von Prozessen aus dem Bachelor-Studium und der Master-Vorlesung Prozesskunde erlernen die Studierenden im Schwerpunktpraktikumsmodul im Dialog und im Selbststudium die Modellierung und Simulation von chemischen Prozessen. Dies erfolgt an praxisnahen Beispielen mit Hilfe einer geeigneten Simulationssoftware. Die Studierenden lernen eigenständig industrielle Prozesse schrittweise zu simulieren und ihre Ergebnisse – wie in der industriellen Praxis üblich – in englischer Sprache zu präsentieren.
[Wozu]	Die Studierenden können durch ihre fundierten Kenntnisse zur Prozesssimulation verschiedene Apparate und Rohrleitungen effizient, wirtschaftlich und nachhaltig auslegen. Sie können dadurch auch entscheiden, ob in einer Chemieanlage vorhandenes Equipment im Sinne der Nachhaltigkeit und Kosteneinsparung weiter genutzt werden kann. Zudem kann durch die korrekte Prozesssimulation das Verhalten von Prozessen vorhergesagt werden. Dies gibt schnell Auskunft darüber, welche sicherheitstechnischen und prozesstechnischen Auswirkungen Parameteränderungen haben. So können verschiedene Verfahrensvarianten zunächst ohne Versuchsanlagen und gefährdungsfrei am Computer abgefahren und ggf. ausgewählt oder verworfen werden.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Einführung in die Prozesssimulation</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Definition der Prozesssimulation ○ Notwendigkeit und Anwendungen der Prozesssimulation ○ Übersicht über verschiedene Prozesssimulationssoftware und ihre Anwendung ○ Akquirierung zuverlässiger Stoffdaten • <u>Grundlagen für die Benutzung von CHEMCAD®</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Installation und korrekte Einstellung der Software ○ Wichtige Tools in CHEMCAD® ○ Grundoperationen in CHEMCAD® ○ Sonderfunktionen in CHEMCAD®: Mixer, Loop und Controller • <u>Thermodynamische Modelle zur Beschreibung chemischer Prozesse</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Definition und Unterscheidung von Modellen im Allgemeinen

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ablauf des Modellbildungsprozesses ○ Zustandsgleichungen ○ gE-Modelle ○ Auswahl des korrekten thermodynamischen Modells für die Prozesssimulation <ul style="list-style-type: none"> • <u>Reaktormodelle</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Erklärung und Anwendung der verschiedenen Reaktormodelle in CHEMCAD® ○ Reaktorbilanzierung, -design und -kostenschätzung in CHEMCAD® • <u>Kolonnenmodelle</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Erklärung der verschiedenen Modelle zur Simulation von Destillations- und Rektifikationskolonnen ○ Erstellung und Ablesen relevanter Diagramme für Destillation und Rektifikation in CHEMCAD® ○ Kolonnenbilanzierung, -design, -optimierung und -kostenschätzung in CHEMCAD® ○ Besonderheiten bei Absorberkolonnen • <u>Wärmeübertrager</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Erklärung und Anwendung der verschiedenen Wärmeübertrager ○ Berechnungsmethoden und Daumenregeln für Wärmeübertrager ○ Erstellung und Ablesen relevanter Diagramme für Wärmeübertrager in CHEMCAD® ○ Wärmeübertragerbilanzierung, -design und -kostenschätzung in CHEMCAD® • <u>Rohrleitungen</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Rohrleitungsbilanzierung, -design und -kostenschätzung in CHEMCAD® • <u>Vorlagebehälter, Tanks und Abscheider</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Apparatebilanzierung, -design und -kostenschätzung in CHEMCAD®
Studien- und Prüfungsleistungen	Bestandener Moodle-Test (unbenotet) und benotete Portfolioprüfung über Simulationsaufgabe und 20-minütigen Vortrag.
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Moodle-Kurs, Skript, Lehrvideos, Online-Übungsaufgaben
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • CHEMCAD® User Guide • Website des NIST Chemistry WebBook • Website der Dortmunder Datenbank (DDBST)

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• I. Chaves et al.: „Process analysis and simulation in chemical engineering”, 1. Auflage, Springer, Heidelberg, 2016.• K. Thulukkanam: “Heat exchanger design handbook”, 2. Auflage, CRC Press, Boca Raton, 2013.• S. Hall: “Rules of thumb for chemical engineers”, 5. Auflage, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2012.• K. Hangos, I. Cameron: “Proces modelling and model analysis”, 1. Auflage, Academic Press, London, 2001.• G. Towler, R. Sinnott: “Chemical Engineering Design”, 2. Auflage, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2013.• M. Baerns et al.: “Technische Chemie”, 2. Auflage, Wiley, Weinheim, 2013.• M. Nitsche, R. Gbdamosi: „Heat exchanger desing guide“, 1. Auflage, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2016.• R. Shah, D. Sekulić: „Fundamentals of heat exchanger desing“, 1. Auflage, Wiley, New Jersey, 2003.• P. Stephan et al.: “VDI-Wärmeatlas”, Living reference work, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2020. |
|--|--|

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Projekt Reaktionstechnik							
Code-Nr.	1740							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Andreas Roppertz							
Dozent:in	Prof. Dr. Andreas Roppertz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Reaktionstechnisches Schwerpunktpraktikum	0	0	5	-			
	Seminar Vertiefung				1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Reaktionstechnische Grundlagen, Grundvorlesungen zur Mathematik, Physik und Chemie							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Vertiefung des in den Vorlesungen der fachlichen Vertiefung behandelten Lehrstoffes anhand ausgewählter Versuche. Die Studierenden lernen die Grundlagen wissenschaftlicher Arbeit sowie experimentelle / theoretische Methoden kennen. Die Studierenden erwerben theoretische und praxisbezogene Kenntnisse über den Aufbau von Reaktoren und Katalysatoren und deren Funktion. Sie verstehen, beschreiben, erklären, interpretieren, erläutern und kategorisieren reaktionstechnische Grundprinzipien und Prinzipien der Katalyse. Studierenden kennen und verstehen allgemeine Grundbegriffe, Formalismen und wichtige Grundoperationen.							

[Womit]	Die Studierenden führen geeignete Experimente zur Lösung ausgewählte Fragestellungen durch, beurteilen die Aussagekraft der Ergebnisse und ziehen daraus Schlüsse zur Planung weiterführende Experimente. Sie vergleichen die experimentellen Daten mit Literaturdaten und bewerten die Ergebnisse. Indem Sie geeignete Fehlerrechnungen durchführen, können Sie Einflussparameter hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Gesamtprozess benennen und über Planung für Prozessoptimierungen ausarbeiten
[Wozu]	Die Studierenden lernen die Grundlagen wissenschaftlicher Arbeit sowie experimentelle / theoretische Methoden aus dem Bereich der Katalyse und der Reaktionstechnik kennen und haben einen Einblick in aktuellen Forschungs- und Entwicklungsthemen der Wahlpflichtbereiche. Sie verstärken ihre Handlungskompetenzen (praktisches Wissen, Zusammenarbeit etc.) und ihre Schlüsselqualifikationen (Selbstständigkeit, Ideenreichtum etc.). Die Studierenden erlernen die Kultur des wissenschaftlichen Disputs in Praktikumsgruppen, das Verfassen von Protokollen, die faktenbasierte Ergebniisdiskussion, Fehlerbetrachtung und die Nutzung von Software zur Versuchsauswertung und – aufbereitung.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • REAKTIONSTECHNIK II • Experimente zu Rührkesselkaskaden im isothermen und nicht-isothermen Betrieb • Gas/Feststoffreaktionen am Beispiel der heterogenen Katalyse • Experiment zur Mikroreaktionstechnik • KATALYSE • Synthese von Katalysatoren • Katalytische Testung von Katalysatoren • Ausgewählte einfache Methoden zur Charaktersierung von Katalysatoren
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Portfolioprüfung (Zusammenstellung studienbegleitender schriftlicher, mündlicher oder praktischer Teilleistungen im Umfang von insgesamt ca. 30–60 Minuten bzw. 10–30 Seiten)</p> <p>Testat*:</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Vorlesungsunterlagen und Praktikumsskripte

Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• <u>Chemical Reaction Engineering, Octave Levenspiel,</u> <u>ISBN: 978-0-471-25424-9</u>• <u>Technische Chemie, Baerns, Behr, Brehm,...., ISBN</u> 978-3-527-34574-8• <u>Handbook of heterogeneous catalysis, G. Ertl,</u> Online ISBN: 9783527610044 Technische Katalyse: Eine Einführung, Jens Hagen, ISBN: 978-3527287239•
------------	--

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Technische Chemie II (Tvt)							
Code-Nr.	1750							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Krekel							
Dozent:in	Prof. Dr. Krekel							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	TC II -Thermische Verfahrenstechnik	4	-	-	-			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen	Bachelor-Studium des Chemieingenieurwesens oder vergleichbar; Vorlesung Prozesskunde, Vorlesung Technische Chemie I							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden verstehen das Zusammenspiel von physikalisch-chemischen Zustandsänderungen und der Bauform eines Apparats in einer Grundoperation. Sie können ausgehend von den allgemeinen Bilanzgleichungen für Masse, Energie und Impuls durch Vereinfachungen spezielle Bilanzgleichungen für Grundoperationen ableiten und unter Nutzung von Randbedingungen lösen. Sie können dimensionslose Kennzahlen aus relevanten Prozessparametern ableiten, Kriteriengleichungen erzeugen und diese für Maßstabsübertragungen anwenden. Sie verstehen die Bedeutung und das Zusammenspiel von konvektivem und konduktivem Wärmetransfer sowie die Anwendung von Differenzialgleichungen zur Modellierung von Prozessen. Sie können einfache thermodynamische Prozesse analysieren und optimieren.							

	tivem Transport an Grenzschichten, in Poren oder Membranflächen für die Modellierung und Berechnung von Grundoperationen. Sie kennen die Prinzipien der Aktivfläche und der selektiven Phase bei thermischen Trennoperationen. Sie sind in der Lage, auf Basis der Eigenschaften von Stoffgemischen geeignete thermodynamische Modelle für das Phasengleichgewicht auszuwählen. Sie können auf Basis von Stoffeigenschaften, Prozessanforderungen und heuristischen Regeln beurteilen, welche Grundoperation im jeweiligen Anwendungsfall einzusetzen ist. Sie können thermische Grundoperationen in Abhängigkeit von Betriebsweise und Stromführung und unter Nutzung von Gleichgewichten, Transportgleichungen und Bilanzen berechnen und hydraulisch auslegen.
[Womit]	Aufbauend auf Kenntnissen der Verfahrenstechnik aus dem Bachelor- und Master-Studium erlernen die Studierenden in der seminaristisch durchgeführten Vorlesung im Dialog und in Eigenleistung geeignete thermisch-verfahrenstechnische Grundoperationen unter Nutzung heuristischer Regeln auszuwählen und ihre Vor- und Nachteile zu bewerten. Anhand von Beispielen aus der ingenieurtechnischen Praxis werden die Wechselwirkungen des Fluidtransports mit der Geometrie der Apparate erörtert. Die Studierenden leiten aus allgemeinen Bilanzierungsgleichungen für die jeweils betrachtete Grundoperation vereinfachte Bilanzierungsgleichungen ab, lösen zugehörige Differentialgleichungen und legen die Ausrüstung aus. Dies wird in Übungen und dem zugehörigen Praktikum vertieft. Für das Eigenstudium und die Prüfungsvorbereitung werden ein Skript, sowie passende Probleme und Aufgaben zur Bearbeitung durch die Studierenden in elektronischer Form zur Verfügung gestellt.
[Wozu]	Die Studierenden werden in die Lage versetzt, unter Berücksichtigung heuristischer und anderer Regeln Grundoperationen der thermischen Verfahrenstechnik wie Wärmeübertrager und Apparate zum Rektifizieren, Extrahieren, Ab- und Adsorbieren, Kristallisieren, Trocknen und zu Membrantrennprozessen auszuwählen, zu bilanzieren und die Maße und Gestalt der Apparate auszulegen. Dies ist die Voraussetzung für die konstruktive Berechnung und den Bau dieser Ausrüstung. Hierdurch werden die Studierenden befähigt, verfahrenstechnisch im Anlagenbau, in der chemischen Industrie und in artverwandten Industrien zu arbeiten. Das Modul gibt den Studierenden Methoden an die Hand, geeignete thermodynamische Modelle zur Berechnung

	<p>von Phasengleichgewichten auszuwählen, was eine Voraussetzung für die Anwendung moderner Simulationssoftware auf thermische Grundoperationen ist. Die Inhalte der Vorlesung sind daher integraler Bestandteil des Berufsbildes eines Chemieingenieurs.</p>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Ausgewählte Transportprozesse</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stofftransport (Diffusion, Stoffübergang, Ähnlichkeit des Stoffübergangs, Stoffdurchgang) ◦ Wärmetransport am Rohr und Rohrbündel (einphasig, Verdampfung und Kondensation) ◦ Ausgewählte Wärmeübertrager • <u>Phasengleichgewichte</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Begriff, Formulierungsmöglichkeiten und Messmethoden ◦ Dampf-Flüssig-Gleichgewicht (Zustandsgleichungen, Excessenthalpiemodelle (Grundlagen, Wilson-, NRTL-, UNIQUAC-, UNIFAC-Modelle)) ◦ Flüssig-Flüssig-, Gas-Flüssig-, Fest-Flüssig-Gleichgewichte • <u>Trocknen</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Feuchtebindung im Trocknungsgut ◦ Luftfeuchte (Mollierdiagramm) ◦ Konvektionstrocknung (Stoff- und Wärmebilanz, Trocknerarten, Kinetik der Trocknung, Auslegung) ◦ Normaldruck- und Vakuumtrockner (Apparate) • <u>Stromführung bei thermischen Trennverfahren</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Ideale Trennstufe, Konzept Übertragungseinheit ◦ Bilanzierung von Trennstufen (Gleich-, Gegen- und Kreuzstrom, Mehrstuifenapparat und Kaskade) • <u>Destillieren und Rektifizieren</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Kontinuierliche Rektifikation (MESH-Gleichungen, McCabe-Thiele-Verfahren, Short-cut- und exakte Methoden, HTU-NTU-Modell) ◦ Sonderverfahren zur Rektifikation von Azeotropen ◦ Diskontinuierliche Rektifikation ◦ Kolonnen und Einbauten (Boden-, Füllkörper und Packungskolonnen inkl. Aufbau, Belastungsgrenzen, hydraulische Auslegung) • <u>Extrahieren</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Flüssig-Flüssig-Extraktion (Grundlagen, McCabe-Thiele- und Hunter-Nash-Verfahren, Apparate) ◦ Fest-Flüssig-Extraktion mit Lösemittel, Tensiden, ionischen und überkritischen Flüssigkeiten

	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Absorbieren</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Physikalische Absorption (McCabe-Thiele, Kremser-Gleichung) ◦ Chemisorption • <u>Adsorbieren</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Adsorbentien ◦ Adsorptionsgleichgewicht (Asorptionsisothermen, Modelle zur Mehrkomponentenadsorption) ◦ Kinetik der Adsorption ◦ Bilanzierung ◦ Adsorberapparate (diskontinuierlich, kontinuierlich) ◦ Durchbruchskurven, Adsorberwirkungsgrad • <u>Kristallisieren</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Lösungskristallisation (Erzeugung der Übersättigung, Keimbildung- und Keimwachstumskinetik, Bauarten von Suspensionskristallisatoren) ◦ Schmelzkristallisation (Verfahrensbeispiele) • <u>Membranverfahren</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Membranaufbau und Membranmodule ◦ Transportmodelle für Poren- und Löslichkeitsmembranen ◦ Membrantrennverfahren (Dialyse, Elektrodialyse, Reverse Osmose, Gaspermeation, Pervaporation, Ultra- und Mikrofiltration)
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 60 minütige mündliche oder 120 minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung für alle Studierenden gleich über die Inhalte der Vorlesung und Übungen. Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters festgelegt.</p> <p>Testat*: n/a</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Skript und Mitschriften von elektronischen Tafeln, Moodle-Kurs mit Vorlesungs- und Selbstübungen, Filme
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Vauck, R.A., Müller, H.A.: „Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik“, 11. Aufl., Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 2000. • Baerns, M. et al. „Technische Chemie“, 2. Aufl. Wiley-VCH, 2013. • W. Albert et al.: „Fluid-Verfahrenstechnik“, R. Goedecke (Hrsg.), WILEY-VCH, Weinheim, 2006.

- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5. Edition, Volume B3 (Unit Operations II), W. Gerhartz et al. (Eds.), VCH, Weinheim, 1988.
- K. Sattler: „Thermische Trennverfahren“, 3. Aufl. WILEY-VCH, Weinheim, 2001.
- E.-U. Schlünder, F. Thurner: „Destillation, Absorption, Extraktion“, Vieweg, Braunschweig, 1995.
- V. Gnielinski, A. Mersmann, F. Thurner: „Verdampfung, Kristallisation, Trocknung“, Vieweg, Braunschweig, 1993.
- A. Schönbucher: „Thermische Verfahrenstechnik“, Springer, Berlin, 2002.
- A. Mersmann, M. Kind., J. Stichlmair: “Thermische Verfahrenstechnik” 2. Aufl., Springer, Berlin, 2005.
- M. Nitsche: „Kolonnen-Fibel“, Springer Vieweg, Berlin, 2014.
- A. Vogelpohl; „Distillation“, 2nd rev. ed., de Gruyter, Berlin, 2021.
- E. Blass: „Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse“, 2. Aufl., Springer, Berlin, 1997.
- J. Bach et al.: „Kristallisation in der industriellen Praxis“, G. Hofmann (Hrsg.), WILEY-VCH, Weinheim, 2004.
- C. Lüdecke, D. Lüdecke: „Thermodynamik – Physikalisch-chemische Grundlagen der thermischen Verfahrenstechnik“, Springer, Berlin, 2000.

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Anlagenplanung und Konzessionierung							
Code-Nr.	1760							
ggf. Untertitel	Grundlagen der Anlagenplanung und -genehmigung							
ggf. Lehrveranstaltungen	Anlagenplanung und Konzessionierung							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr.-Ing. habil. Heyko Jürgen Schultz							
Dozent:in	Prof. Dr.-Ing. habil. Heyko Jürgen Schultz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Anlagenplanung	1			1			
	Konzessionierung	1			1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Grundvorlesungen zur Mathematik, Physik und Chemie (incl. Praktika). Zudem sollte parallel das Modul Projektierung einer Chemieanlagebesucht werden.							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden erwerben theoretische und praxisbezogene Kenntnisse über die Herangehensweise an Planungsprojekte mit Bezug zu Chemie- und Biotechnologieanlagen (Neu-/Umbau-/Instandhaltungsprojekte) unter Berücksichtigung aller wichtigen Gewerke. Die Studierenden kennen und verstehen allgemeine Grundbegriffe, Formalismen und wichtige Projektierungswerkzeuge (Auswahl) der (Bio-) Verfahrenstechnik sowie die Schnittstellen in Großprojekten. Sie lernen anhand von Beispielprojekten, unter Berücksichtigung ökonomischer und sicherheitsrelevanter Gesichtspunkte Produktionsanlagen selbständig in Teams zu planen und das eigene Projekt							

	<p>im Rahmen eines Vortrages darzustellen. Sie lernen und praktizieren das Nutzen von Schnellbilanzierung und wichtigen Abschätzungsmechanismen zur Grobdimensionierung chemischer und biotechnologischer Prozesse in technischen Anlagen. Sie können chemische/biotechnologische Reaktoren mathematisch modellieren, gestalten, entwickeln, konzipieren, kreieren und reaktionstechnisch optimieren. Sie kennen, bewerten und evaluieren die möglichen Optionen von Genehmigungsverfahren einer chemischen Anlage in Bezug auf die Rechtsgrundlagen in der BRD und der EU. Die Studierenden lernen selbstständig, einzeln und in Teams anhand von Projekten die Vorbereitung und Erstellung von Genehmigungsunterlagen komplexer chemischer Anlagen und die eigenen Arbeitsergebnisse im Rahmen eines Vortrages darzustellen. Die Studierenden erarbeiten sich Literaturrecherche, Teamtechniken, Konfliktlösungsstrategien, Präsentationsformen, bringen freies Sprechen und Fachkommunikation hervor. Die Studierenden erwerben somit vertiefte theoretische und praxisbezogene Kenntnisse über planerische Aufgabenstellungen und das Behördengineering in Chemie- und Biotechnologieanlagen. Sie kennen, verstehen und kombinieren weiterführende Grundbegriffe, Formalismen, wichtige Grundoperationen (Auswahl) und Planungs- und Genehmigungsdokumente. Sie sind in der Lage, die behandelten Prozesse in der Betriebspraxis mitzugestalten, zu planen, zu konzipieren, zu interpretieren, Verfahrensvarianten gegenüberzustellen, zu beurteilen, einzusetzen und ggf. zu überwachen. Sie erkennen grobe planerische Fehlfunktionen, ziehen Schlüsse hieraus, bewerten und leiten daraus die Fähigkeit zum Kommentieren ab sowie zur intensiven fachlichen Verständigung mit Projektbeteiligten verschiedener Gewerke in einer Chemie-/Biotechnologieanlage. Gleichzeitig können sie komplexe (bio-)verfahrenstechnische Lösungen ermitteln, beurteilen, konstruieren, interpretieren, entwerfen, entwickeln, rechtfertigen und kritisch würdigen.</p>
[Womit]	<p>Indem sie Verfahrensvarianten analysieren und evaluieren, sie gegenüberstellen, bewerten und das Optimum auswählen. Sie differenzieren verschiedene Projektphasen und Projektschätzkostengenauigkeiten. Die erlernte Theorie muss hierbei eigenständig, kreativ und kritisch eingesetzt und auf ein praktisches Anwendungsbeispiel übertragen werden. Die Studierenden erarbeiten sich zudem Literaturrecherche,</p>

	Teamtechniken, Konfliktlösungsstrategien, Präsentationsformen, und bringen freies Sprechen und Fachkommunikation hervor.
[Wozu]	<p>Die Studierenden sind in der Lage, die behandelten Prozesse in der Betriebspraxis mitzustalten, zu planen, zu konzipieren, zu konstruieren, zu interpretieren, einzusetzen und ggf. zu leiten. Wichtiger Bestandteil des Moduls ist die Befähigung zum kritischen aber konstruktiven Wissenschaftlichen Diskurs, Entwicklung der eigenen technischen Kreativität, das gegenseitige konstruktive Kritisieren, Diskutieren und das Entscheiden bzgl. einzusetzender Equipments im Spannungsfeld Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit. Die Studierenden erlernen und erarbeiten sich damit die notwendigen Kenntnisse, um an ihren zukünftigen Arbeitsplätzen in der chemischen Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen die Verwirklichung einer prozessoptimierten, effizienten, energie- und ressourcensparenden, gesetzeskonformen Equipment- und Anlagengestaltung beurteilen und konzipieren zu können sowie durch sicheres, wirtschaftliches, wissenschaftliches Arbeiten nachhaltige Produktionsprozesse auszuwählen, zu schaffen und zu gewährleisten. Mit diesem Modul werden folgende Future Skills bzw. ausgewählte Schlüsselkompetenzen gemäß Definition des Stifterverbandes (https://www.stifterverband.org/future-skills/framework) vermittelt und adressiert: Problemlösungsfähigkeit, Kreativität, Unternehmerisches Handeln und Eigeninitiative, Adoptionsfähigkeit und Durchhaltevermögen im Bereich „Klassische Fähigkeiten“, Digital Literacy, Kollaboration, Agiles Arbeiten und Digital Learning im Bereich „Digitale Grundfähigkeiten“ sowie Kommunikation, Teamarbeit und Projektmanagement im Bereich „Klassische Schlüsselkompetenzen“. Beitrag der Veranstaltung zu den Schwerpunktthemen des Fachbereiches: Chemie 4.0 und Nachhaltigkeit, je nach Beispielprojekt auch Oberflächen.</p>
Inhalt	<p>Anlagenplanung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Einführung (Planung im Unternehmen, Grundkonzepte der Anlagenplanung) • Projektierung allgemein • Moderne Projektmanagementtools • Vorgehensweise bei der Anlagenplanung • Vor- und Grobplanung • Detailplanung • Erstellung von Grund-, Verfahrens- und R&I- Fließbildern • Aufstellungs- und Rohrleitungsplanung

	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Ausführung • Verfahrensarten und Reaktionsführung • Stoffdatenermittlung mittels Gruppenbeitragsmodellen • PINCH-Analyse • Kostenschätzung • Terminplanung • Erstellung von Spezifikationen für Apparate und Maschinen <p>Konzessionierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesetzliche Grundlagen eines Genehmigungsverfahrens • Behördenengineering • Allgemeine Einführung • Mensch und Umwelt • Umweltrecht • Baurecht • Gewerbeordnung • Genehmigungsfälle • Bestandteile eines Genehmigungsantrages und des Sicherheitsberichtes • Durchführung einer Genehmigung an einem konkreten Beispiel • Projektbearbeitung
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete Studien- oder Hausarbeit (Themenvorgabe durch Dozenten, 10-40 Seiten) mit 20-minütigem Vortrag über die Inhalte der Vorlesungen in Form benoteter Einzel- und Gruppenvorträge zu speziellen Anlagenplanerischen und genehmigungstechnischen Aufgabenstellungen. Hierbei werden für je eine Einzel- und eine Gruppenaufgabe je sowohl die schriftliche Ausarbeitung als auch der mündliche Vortrag benotet (Notengewichtung = 1 : 1). Es gibt also vier Teilleistungen: Einzelaufgabe: Note 1 für schriftliche Ausarbeitung und Note 2 für mündlichen Vortrag. Gruppenaufgabe: Note 3 für schriftliche Ausarbeitung und Note 4 für mündlichen Vortrag. Aus den vier Teilleistungen (Gewichtung: 1 : 1 : 1 : 1) wird eine Gesamtmodulnote ermittelt. Zu Beginn der Veranstaltung wird der jeweilige Prüfungsmodus festgelegt. Die letzten Veranstaltungstermine im Semester werden für die Vorträge reserviert.</p> <p>Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Übungen, Power-Point aus der Vorlesung und Skript, Moodle-Kursraum für Vorlesung und Seminar
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Artikel aus der Fachliteratur wie Büchern, Journals und Patentschriften</u> <u>Anlagenplanung:</u>

- Diverse aktuelle Normen, Richtlinien und Merkblätter
- Siegfried Ripperger , Kai Nikolaus: Entwicklung und Planung verfahrenstechnischer Anlagen, Springer, ISBN: 978-3-662-60426-7, 2020
- Zenke / Vollmer: Anlagenplanung, Anlagenbau, Anlagenbetrieb für Unternehmen, De Gruyter, ISBN 978-3-11-035466-9, 2016
- Horst Chmiel, Ralf Takors, Dirk Weuster-Botz: Bioprozesstechnik, Springer, ISBN: 978-3-662-54041-1, 2018
- Ralf Takors: Kommentierte Formelsammlung Bioverfahrenstechnik, Springer, ISBN: 978-3-642-41903-4, 2016
- Helmus, F.P.: „Anlagenplanung“, WILEY-VCH, Weinheim, 2003
- Klaus H. Weber: Engineering verfahrenstechnischer Anlagen - Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen, Springer, ISBN: 978-3-662-52896-9, 2016
- Blass, E.: „Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse“, 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin, ISBN 978-3-540-61823-2, 1997.
- Vauck, R.A., Müller, H.A.: „Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik“, 11. Aufl., Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart, 2000.
- Sattler, K., Kasper, W.: „Verfahrenstechnische Anlagen – Planung, Bau und Betrieb“, WILEY-VCH, Weinheim
- Ullrich, H.: „Wirtschaftliche Planung und Abwicklung verfahrenstechnischer Anlagen“, Vulkan – Verlag, Essen
- Vogel, G.H.: „Verfahrensentwicklung“, WILEY-VCH, Weinheim, 2002
- Wagner, W.: „Planung im Anlagenbau“, Vogel-Buchverlag, Würzburg, 1998
- Herbert Vogel: „Process Development“ in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. B4, B. Elvers, S. Hawkins, G. Schulz (Eds.), VCH, Weinheim, 1992.
- U. Onken, A. Behr: „Chemische Prozesskunde“, Lehrbuch der Technischen Chemie, Band 3, M. Baerns et al. (Hrsg.), Georg Thieme, Stuttgart, 1996.
- J.L.A. Koolen: “Design of Simple and Robust Process Plants”, WILEY-VCH, Weinheim, 2001.
- G. Emig, E. Klemm: „Technische Chemie“, 5. Aufl., Springer, Berlin, 2005.
- M. Baerns, H. Hofmann, A. Renken: „Chemische Reaktionstechnik“, Lehrbuch der Technischen

Chemie, Band 1, M. Baerns et al. (Hrsg.), Georg Thieme, Stuttgart, 1987.

- J. Gmehling, A. Brehm: „Grundoperationen“, Lehrbuch der Technischen Chemie, Band 2, M. Baerns et al. (Hrsg.), Georg Thieme, Stuttgart, 1996.
- P. Grassmann: „Physikalische Grundlagen der Verfahrenstechnik“, 2. Aufl., Sauerländer, Aarau, 1970.
- P. Bahke. et al.: „Miniplant-Technik“, L. Deibele, R. Dohrn (Hrsg.), Wiley-VCH, Weinheim, 2006.
- T. Bayer et al.: „Micro Process Engineering“, O. Brand et al. (Eds.), WILEY-VCH, Weinheim, 2006.
- A. Dimian, C. Sorin Bildea: „Chemical Process Design“, WILEY-VCH, Weinheim, 2008.
- M. Baerns et al.: „Technische Chemie“, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.
- W. Stohrhas: „Bioverfahrensentwicklung“, WILEY-VCH, Weinheim, 2003.
- E. Ignatowitz: Chemietechnik. 13. Aufl., Verlag Europa-Lehrmittel (2022), ISBN: 978-3-8085-8537-5.
- W. Hemming, W. Wagner: Verfahrenstechnik. 11. Aufl., Vogel Verlag (2011), ISBN: 978-3-8343-3243-1.
- D. S. Christen: Praxiswissen der chemischen Verfahrenstechnik. Springer (2009), ISBN: 978-3-540-88974-8
- Zlokarnik, M., „Scale-up“, 2. Auflage, WILEY-VCH, Weinheim, 2005, ISBN: 9783527314225
- Liepe, F., „Verfahrenstechnische Berechnungsmethoden“, diverse Bände, VCH, Weinheim, 1988
- Matthias Kraume: Transportvorgänge in der Verfahrenstechnik - Grundlagen und apparative Umsetzungen, Springer, ISBN: 978-3-642-25149-8, 2012
- VDI-Wärmeatlas in aktueller Ausgabe
- H.-D. Bockhardt, P. Güntzschel, A. Poetschukat: Grundlagen der Verfahrenstechnik für Ingenieure. 4. Aufl., Deut. Verl. f. Grundstoffind (2006), ISBN: 978-3527309108.
- E. Fitzer, W. Fritz, G. Emig: Technische Chemie. Springer (2013), ISBN: 978-3-662-10229-9
- Johann G. Stichlmair, James R. Fair, "Distillation: Principles and Practice", John Wiley & Sons, 1998
- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry in aktueller Ausgabe

Konzessionierung:

- Gesetzesetexte (z.B. aus „<http://www.gesetze-im-internet.de/aktuell.html>“)
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV): www.dguv.de
- Umwelt-online: www.umwelt-online.de
- Diverse aktuelle Normen, Richtlinien und Merkblätter
- Pütz, Buchholz, Anzeige- und Genehmigungsverfahren nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz, Erich Schmidt Verlag
- Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes
- Veröffentlichungen des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- Gabi Försch , Heinz Meinholz: Handbuch Betriebliches Umweltmanagement, Springer, ISBN: 978-3-658-19150-4, 2018
- Weitere Quellen in der Vorlesung.

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Verfahrenstechnisches Schwerpunktpraktikum							
Code-Nr.	1770							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Krekel							
Dozent:in	Prof. Dr. Krekel und Promovierende							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Verfahrenstechnisches Schwerpunktpraktikum	-	-	5	-			
	Seminar Vertiefung				1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Bachelor in Chemieingenieurwesen, Technische Chemie I und II							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden beherrschen die theoretischen Grundlagen der Versuche. Sie sind in der Lage verfahrenstechnische Apparaturen im Miniplantmaßstab zu betreiben und zwar zum Teil unter Nutzung von Prozessleitsystemen. Sie können mit einer Vielzahl von Messverfahren (z.B. Temperatur-, Druck-, Durchflussmessungen, Volumetrie, Photometrie, Refraktometrie, Partikelgrößenanalyse u.A.) arbeiten sowie Messwerte systematisch dokumentieren und auswerten. Sie können verfahrenstechnische Kennwerte, Effizienzen von Trennprozessen, Partikelgrößenverteilungen, Druckverluste bei Durch- oder Umströmungen, Trennstufenzahlen, Phasengleichgewichte oder kinetische Parameter berechnen. Sie							

	können mit Kriteriengleichungen umgehen. Sie sind in der Lage Regressionsparameter in verfahrenstechnischen Modellen anzupassen.
[Womit]	Auf Basis der Betriebsanweisungen betreiben die Studierenden verschiedene Miniplantanlagen (z.T. mit Prozessleitsystem) und erforderliche Messgeräte oder Analyseverfahren. Auf Basis der in den Vorlesungen Technische Chemie I und II erlernten verfahrenstechnischen Grundlagen werten sie die erhaltenen Versuchsergebnisse aus, berechnen verfahrenstechnische Parameter, erstellen Modelle und passen die Modellparameter an die Messdaten an. Die Studierenden führen Fehlerrechnungen durch. Sie interpretieren und bewerten die erhaltenen verfahrenstechnischen Zusammenhänge unter Hinzuziehen von geeigneter Literatur. Sie fertigen abschließend eine wissenschaftliche Dokumentation über die durchgeföhrten Versuche und deren Auswertungen an.
[Wozu]	Insbesondere mechanisch-verfahrenstechnische Grundoperationen, aber auch beispielweise Wirkungsgrade von thermischen Grundoperationen lassen sich im Allgemeinen nicht vorausberechnen. Für die Auslegung solcher Grundoperationen sind daher auch in der Technik Versuche erforderlich. Durch das verfahrenstechnische Schwerpunktpraktikum werden die Studierenden auf solche Tätigkeiten in der Praxis vorbereitet. Gleichzeitig lernen Sie mit modernen Systemen zur Steuerung von Prozessen umzugehen. Durch die Auswertung der Versuchsergebnisse und die anschließende Modellbildung werden die Studierenden an analoge Tätigkeiten in der chemischen und artverwandten Industrie herangeföhrt.
Inhalt	Jeweils vier Versuche zur mechanischen (M) und thermischen (T) Verfahrenstechnik: <ul style="list-style-type: none"> • M3 Sedimentation • M4 Flotation • M5 Filtration • M7 Windsichten • M8 Festbett • M9 Wirbelschicht • M10 Mikrofiltration • T2 Rektifikation • T3 Glockenbodenkolonne • T4 Phasengleichgewicht • T5 Destillation • T8 Kristallisation • T9 Azeotroprektifikation

Studien- und Prüfungsleistungen	Portfolioprüfung (Zusammenstellung studienbegleitender schriftlicher, mündlicher oder praktischer Teilleistungen im Umfang von insgesamt ca. 30–60 Minuten bzw. 10–30 Seiten)
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Moodle-Kurs zum Praktikum mit Betriebsanweisungen für alle Versuche, Zulassungstest und Dokumentationsleitfaden, Skripte der Vorlesungen Technische Chemie I und II sowie weitere im dazugehörigen Moodle-Kurs eingesetzte Aufgaben etc.
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Patat, F., Kirchner, K.: „Praktikum der Technischen Chemie“, 4. Aufl., Walter de Gruyter Berlin, 1986. • Reschetilowski, W.: „Technisch-chemisches Praktikum“, Wiley-VCH, Weinheim, 2002 • Vauck, R.A., Müller, H.A.: „Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik“, 11. Aufl., Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 2000. • Baerns, M. et al. „Technische Chemie“, 2. Aufl. Wiley-VCH, 2013. • Bauckhage, K. et al. in „Handbuch der mechanischen Verfahrenstechnik“, Band 1 und 2, Schubert, H. (Hrsg.), Wiley-VCH, Weinheim 2003. • Stieß, M.: „Mechanische Verfahrenstechnik Bd. 1 und 2“, 1. bzw. 3. Aufl., Springer, Berlin, 2009/1997. • M. Zlokarnik „Scale-up – Modellübertragung in der Verfahrenstechnik“, 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, 2006. • K. Sattler: „Thermische Trennverfahren“, 3. Aufl. Wiley-VCH, Weinheim, 2001. • A. Schönbucher: „Thermische Verfahrenstechnik“, Springer, Berlin, 2002. • A. Mersmann, M. Kind., J. Stichlmair: “Thermische Verfahrenstechnik”, 2. Aufl., Springer, Berlin, 2005.

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Projektierung einer Chemieanlage							
Code-Nr.	1780							
ggf. Untertitel	Praxis der Anlagenplanung und -genehmigung							
ggf. Lehrveranstaltungen	Projektierung und Masterseminar							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Technische Chemie							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr.-Ing. habil. Heyko Jürgen Schultz							
Dozent:in	Prof. Dr.-Ing. habil. Heyko Jürgen Schultz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Projektierung einer Chemieanlage			5				
	Masterseminar				1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen	Grundvorlesungen zur Mathematik, Physik und Chemie (incl. Praktika). Zudem sollte parallel das Modul Anlagenplanung und Konzessionierung besucht werden.							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden können ingenieurtechnische Aufgabenstellungen in Arbeitsgruppen zielgerichtet, strukturiert und selbstorganisiert unter Anwendung von Projektmanagementmethoden bearbeiten. Sie wenden praxisbezogene Kenntnisse über den Aufbau von Chemieanlagen und die Funktion ihrer Komponenten an, verstehen, beschreiben, erklären, interpretieren, erläutern und kategorisieren für die jeweilige Aufgabenstellung in Frage kommende verfahrenstechnische Grundoperationen. Dabei berechnen und konzipieren sie zugehörige Aufgaben, werten Berechnungsergebnisse aus, evaluieren, wählen Produktionsverfahren aus und							

	<p>stellen in Frage kommende, entwickelte Prozesse gegenüber. Die Befähigung zur Beurteilung, Einschätzung und selbstständige Planungsfähigkeit soll vorbereitet, ingenieurwissenschaftliches Arbeiten praktiziert und hervorgebracht werden. Die Studierenden dokumentieren Prozesse und Anlagen in Form von entwickelten Fließbildern unterschiedlicher Detailtiefe.</p>
[Womit]	<p>Dies gelingt, indem sie die Aufgabenstellung analysieren, hierzu inhaltlich recherchieren, die erforderlichen Aufgaben mit dem Auftraggeber/Dozenten abstimmen (Lasten-/Pflichtenheft) und die Arbeitspakete strukturieren und aufteilen, sachgerechte Dokumentation und Kommunikation in den einzelnen Projektphasen anwenden und formulieren, selbstständige Anwendung von bereits erworbenem Fachwissen vertiefen und selbstständig erforderliches Fachwissen erarbeiten, Lösungen gestalten und bewerten, Verfahrensvarianten evaluieren, sie gegenüberstellen und das Optimum auswählen. Sie differenzieren verschiedene Projektphasen und Projektschätzkostengenauigkeiten. Die erlernte Theorie muss hierbei eigenständig, kreativ und kritisch interpretiert sowie eingesetzt und auf ein praktisches Anwendungsbeispiel übertragen werden. Die Studierenden setzen zudem Literaturrecherche, Teamtechniken, Konfliktlösungsstrategien, Präsentationsformen, freies Sprechen und Fachkommunikation ein.</p>
[Wozu]	<p>Die Studierenden sind in der Lage, zukünftig im Rahmen von ingenieurtechnischen Fragestellungen im arbeitsteiligen Berufsalltag Projekte im Team erfolgreich bearbeiten zu können, die behandelten Prozesse in der Betriebspraxis mitzugestalten, zu planen, einzusetzen und ggf. zu leiten. Die Studierenden lernen selbstständig, einzeln und in Teams anhand von Projekten die Vorbereitung und Erstellung von Genehmigungsunterlagen komplexer chemischer Anlagen und die eigenen Arbeitsergebnisse im Rahmen eines Vortrages darzustellen. Wichtiger Bestandteil des Moduls ist die Befähigung zum kritischen aber konstruktiven wissenschaftlichen Diskurs, Entwicklung der eigenen technischen Kreativität, das gegenseitige konstruktive Kritisieren und das Entscheiden bzgl. einzusetzender Equipments im Spannungsfeld Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit. Dies wird ebenfalls erreicht durch die regelmäßige, testierte Teilnahme am Masterseminar. Die Studierenden erlernen damit die notwendigen Kenntnisse, um an ihren zukünftigen Arbeitsplätzen in der chemischen Industrie,</p>

	<p>Forschungseinrichtungen und Hochschulen die Verwirklichung einer prozessoptimierten, effizienten, energie- und ressourcensparenden, gesetzeskonformen Equipment- und Anlagengestaltung beurteilen zu können sowie durch sicheres, wirtschaftliches Arbeiten nachhaltige Produktionsprozesse zu gewährleisten. Mit diesem Modul werden folgende Future Skills bzw. ausgewählte Schlüsselkompetenzen gemäß Definition des Stifterverbandes (https://www.stifterverband.org/future-skills/framework) vermittelt und adressiert: Problemlösungsfähigkeit, Kreativität, Unternehmerisches Handeln und Eigeninitiative, Adoptionsfähigkeit und Durchhaltevermögen im Bereich „Klassische Fähigkeiten“, Digital Literacy, Kollaboration, Agiles Arbeiten und Digital Learning im Bereich „Digitale Grundfähigkeiten“ sowie Kommunikation, Teamarbeit und Projektmanagement im Bereich „Klassische Schlüsselkompetenzen“. Beitrag der Veranstaltung zu den Schwerpunktthemen des Fachbereiches: Chemie 4.0, Oberfläche und Nachhaltigkeit.</p>
Inhalt	<p>Projektierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Methoden des Projektmanagements • Erstellung von Spezifikationen für Apparate- und Maschinen • Recherche • Pflichten-/Lastenheft • Kostenschätzung • Termin- und Projektplanung • Erstellung von Grund-, Verfahrens- und R&I- Fließbildern • Aufstellungs- und Rohrleitungsplanung • Berücksichtigung genehmigungsrechtlicher Rahmenbedingungen • Behördenengineering • Bestimmung der Genehmigungsfälle • Erstellung ausgewählter Bestandteile eines Genehmigungsantrages und des Sicherheitsberichtes • Durchführung einer Genehmigung an einem konkreten Beispiel • Präsentation • Dokumentation • Postererstellung <p>Zudem müssen acht Termine im Masterseminar besucht und testiert werden.</p>
Studien- und Prüfungsleistungen	Benotete Studien- oder Hausarbeit (Themenvorgabe durch Dozenten) mit Vortrag über die Inhalte der Vorlesungen in Form benoteter Einzel- und Gruppenvorträge zu speziellen anlagenplanerischen und

	<p>genehmigungstechnischen Aufgabenstellungen. Hierbei werden für je eine Einzel- und eine Gruppenaufgabe je sowohl die schriftliche Ausarbeitung als auch der mündliche Vortrag benotet (Notengewichtung: = 1 : 1). Es gibt also vier Teilleistungen: Einzelaufgabe: Note 1 für schriftliche Ausarbeitung und Note 2 für mündlichen Vortrag. Gruppenaufgabe: Note 3 für schriftliche Ausarbeitung und Note 4 für mündlichen Vortrag. Aus den vier Teilleistungen (Gewichtung: 1 : 1 : 1: 1) wird eine Gesamtmodulnote ermittelt. Zu Beginn der Veranstaltung wird der jeweilige Prüfungsmodus festgelegt. Die letzten Veranstaltungstermine im Semester werden für die Vorträge reserviert.</p> <p>Testat*: Voraussetzung für die Notenverbuchung ist das Testat über die Teilnahme von acht besuchten Masterseminarterminen. Dabei gilt als an einem Termin teilgenommen, wenn dieser mindestens 75 von 90 min besucht wurde.</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Übungen, Power-Point aus der Vorlesung und Skript, ggf. Moodle-Kursraum für Vorlesung und Seminar
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Artikel aus der Fachliteratur wie Büchern, Journalen und Patentschriften <p>Anlagenplanung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diverse aktuelle Normen, Richtlinien und Merkblätter • Siegfried Ripperger , Kai Nikolaus: Entwicklung und Planung verfahrenstechnischer Anlagen, Springer, ISBN: 978-3-662-60426-7, 2020 • Zenke / Vollmer: Anlagenplanung, Anlagenbau, Anlagenbetrieb für Unternehmen, De Gruyter, ISBN 978-3-11-035466-9, 2016 • Horst Chmiel, Ralf Takors, Dirk Weuster-Botz: Bioprozesstechnik, Springer, ISBN: 978-3-662-54041-1, 2018 • Ralf Takors: Kommentierte Formelsammlung Bioverfahrenstechnik, Springer, ISBN: 978-3-642-41903-4, 2016 • Helmus, F.P.: „Anlagenplanung“, WILEY-VCH, Weinheim, 2003 • Klaus H. Weber: Engineering verfahrenstechnischer Anlagen - Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen, Springer, ISBN: 978-3-662-52896-9, 2016 • Blass, E.: „Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse“, 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin, ISBN 978-3-540-61823-2, 1997. • Vauck, R.A., Müller, H.A.: „Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik“, 11. Aufl., Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart, 2000.

- Sattler, K., Kasper, W.: „Verfahrenstechnische Anlagen – Planung, Bau und Betrieb“, WILEY-VCH, Weinheim
- Ullrich, H.: „Wirtschaftliche Planung und Abwicklung verfahrenstechnischer Anlagen“, Vulkan – Verlag, Essen
- Vogel, G.H.: „Verfahrensentwicklung“, WILEY-VCH, Weinheim, 2002
- Wagner, W.: „Planung im Anlagenbau“, Vogel-Buchverlag, Würzburg, 1998
- Herbert Vogel: „Process Development“ in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. B4, B. Elvers, S. Hawkins, G. Schulz (Eds.), VCH, Weinheim, 1992.
- U. Onken, A. Behr: „Chemische Prozesskunde“, Lehrbuch der Technischen Chemie, Band 3, M. Baerns et al. (Hrsg.), Georg Thieme, Stuttgart, 1996.
- J.L.A. Koolen: “Design of Simple and Robust Process Plants”, WILEY-VCH, Weinheim, 2001.
- G. Emig, E. Klemm: „Technische Chemie“, 5. Aufl., Springer, Berlin, 2005.
- M. Baerns, H. Hofmann, A. Renken: „Chemische Reaktionstechnik“, Lehrbuch der Technischen Chemie, Band 1, M. Baerns et al. (Hrsg.), Georg Thieme, Stuttgart, 1987.
- J. Gmehling, A. Brehm: „Grundoperationen“, Lehrbuch der Technischen Chemie, Band 2, M. Baerns et al. (Hrsg.), Georg Thieme, Stuttgart, 1996.
- P. Grassmann: „Physikalische Grundlagen der Verfahrenstechnik“, 2. Aufl., Sauerländer, Aarau, 1970.
- P. Bahke. et al.: „Miniplant-Technik“, L. Deibele, R. Dohrn (Hrsg.), Wiley-VCH, Weinheim, 2006.
- T. Bayer et al.: „Micro Process Engineering“, O. Brand et al. (Eds.), WILEY-VCH, Weinheim, 2006.
- A. Dimian, C. Sorin Bildea: „Chemical Process Design“, WILEY-VCH, Weinheim, 2008.
- M. Baerns et al.: „Technische Chemie“, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.
- W. Stohrhas: „Bioverfahrensentwicklung“, WILEY-VCH, Weinheim, 2003.
- E. Ignatowitz: Chemietechnik. 13. Aufl., Verlag Europa-Lehrmittel (2022), ISBN: 978-3-8085-8537-5.
- W. Hemming, W. Wagner: Verfahrenstechnik. 11. Aufl., Vogel Verlag (2011), ISBN: 978-3-8343-3243-1.
- D. S. Christen: Praxiswissen der chemischen Verfahrenstechnik. Springer (2009), ISBN: 978-3-540-88974-8
- Zlokarnik, M., „Scale-up“, 2. Auflage, WILEY-VCH, Weinheim, 2005, ISBN: 9783527314225

	<ul style="list-style-type: none"> • Liepe, F., „Verfahrenstechnische Berechnungsmethoden“, diverse Bände, VCH, Weinheim, 1988 • Matthias Kraume: Transportvorgänge in der Verfahrenstechnik - Grundlagen und apparative Umsetzungen, Springer, ISBN: 978-3-642-25149-8, 2012 • VDI-Wärmeatlas in aktueller Ausgabe • H.-D. Bockhardt, P. Güntzschel, A. Poetschukat: Grundlagen der Verfahrenstechnik für Ingenieure. 4. Aufl., Deut. Verl. f. Grundstoffind (2006), ISBN: 978-3527309108. • E. Fitzen, W. Fritz, G. Emig: Technische Chemie. Springer (2013), ISBN: 978-3-662-10229-9 • Johann G. Stichlmair, James R. Fair, “Distillation: Principles and Practice”, John Wiley & Sons, 1998 • Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry in aktueller Ausgabe <p>Konzessionierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesetzestexte (z.B. aus „http://www.gesetze-im-internet.de/aktuell.html“) • Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV): www.dguv.de • Umwelt-online: www.umwelt-online.de • Diverse aktuelle Normen, Richtlinien und Merkblätter • Pütz, Buchholz, Anzeige- und Genehmigungsverfahren nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz, Erich Schmidt Verlag • Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes • Veröffentlichungen des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) • Gabi Förtsch , Heinz Meinholtz: Handbuch Betriebliches Umweltmanagement, Springer, ISBN: 978-3-658-19150-4, 2018 • Weitere Quellen in der Vorlesung.
--	--

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Moderne Methoden der Synthese von polymeren Lackrohstoffen							
Code-Nr.	1790							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Strehmel							
Dozent:in	Prof. Dr. Strehmel							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Moderne Methoden der Synthese von polymeren Lackrohstoffen	2	-	-	2			
	-	-	-	-				
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der physikalischen Chemie (chemische Thermodynamik und Kinetik); Grundlagen der organischen Chemie; Kenntnisse der Polymerchemie und Polymercharakterisierung.							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden sind in der Lage basierend auf vorgegebenen Molekülstrukturen entsprechende Architekturen für polymere Lackrohstoffe zu entwickeln.							
[Womit]	indem Strategien zu einem Moleküldesign für Polymere und deren Einsatz in modernen Beschichtungstechnologien entwickelt, wobei die Studierenden grundlegende Reaktionen der modernen Polymersynthese sicher anzuwenden.							

[Wozu]	Um kontrollierte und lebende Polymerisationen für das maßgeschneiderte Design von polymeren Lackrohstoffen einschließlich deren Charakterisierung anzuwenden.
Inhalt	<p>Polymerchemische Grundbegriffe: Monomer, Polymer, Oligomer, Polyreaktionen, linear/ verzweigt/vernetzt, Thermoplast, Duromer, Elastomer, Taktizität, Copolymertypen, Netzwerkpolymere und deren Charakterisierung</p> <p>Moderne Methoden der Polymersynthese: maßgeschneiderte Polymersynthese, RDRP. Klickreaktionen Enzymatische Polymerisation Polymerisation in Mini- und Mikroemulsionen</p> <p>Molmasse / Polymerisationsgrad – Mittelwerte und Verteilungen: Definitionen, Dispersität, Messmethoden. Sekundär- und Aggregatstrukturen: Knäuel, Kettenpackungen, Teilkristallinität, Überstrukturen, Ordnungsstrukturen, Vernetzung.</p> <p>Mechanisches Verhalten von Polymeren: Viskoelastizität, Federn-Zylinder-Modell, Energie-/ Entropieelastizität, Zugversuch, Kriechen, Relaxation, dynamisch-mechanische Analyse, Speicher-/Verlustmodul, Elastische Deformation (Module).</p> <p>Seminar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polyadditionen • Kontrollierte und lebende Polymerisationen • RDRP • Polymerisation in Emulsionen, Miniemulsionen und Mikroemulsionen • Photopolymere • Heilende Polymere • Radikalische Polymerisation unter Sauerstoff
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 90 minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung und des Seminars.</p> <p>Testat*: --</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Unten genannte Literatur und Auszüge als Vorschlag
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • G. Odian, Principles of Polymerization, Wiley • H.G. Elias, Makromoleküle, Wiley-VCH • L. H. Sperling, Introduction into Polymer Physics, Wiley

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• J. D. Menczel, R. B. Prime, Thermal Analysis of Polymers, Fundamentals and Applications, Wiley• K. Matyjaszewski, Handbook of Radical Polymerization, Wiley-VCH |
|--|--|

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Optimierung komplexer Lackformulierungen							
Code-Nr.	1800							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Schmitz							
Dozent:in	Prof. Dr. Schmitz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Analyse von Lackformulierungen	-	-	4	-			
	Lackformulierung mit statistischer Versuchsplanung	-	-	1	1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Lackrohstoffe und Rezeptierung und Kenntnisse in der Bindemittelchemie, Grundlagen der Statistik und Programmierung aus Digitale Chemie I und II							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Lacke im Labor herstellen und strukturelle Eigenschaften mit Auswirkung auf Anwendungseigenschaften interpretieren. Richtrezeptur von Grund auf selbstständig planen und formulieren. Optimierung von Lacken mit statistischen Methoden							
[Womit]	Technische Datenblätter der Rohstoffe, Messprinzipien der Rohstoffcharakterisierung und Prüfungen von Lackeigenschaften. Python und Software für DoE zur Versuchsauswertung							

[Wozu]	Prinzipien der Wirkmechanismen im praktischen Bezug erkennen und auf dieser Basis Rezeptentwicklung und Optimierungen durchführen können.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosionsschutzgrundierungen • Pulverlacke • Säurehärtende Lacke • Alkydharz-Malerlacke • Schwarz-Weiß Abmischungen • Titandioxid-Pigmente • Bunte Dispersionslacke • Praktikumsversuch zur Optimierung einer Lackformulierung mit statistischer Versuchsplanung und Machine Learning • Modellierung von Farbräumen
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Portfolioprüfung mit Versuchsberichten sowie 20-minütige Präsentation des Optimierungsprojektes</p> <p>Testat*:</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Versuchsvorschriften im Moodle-Kurs
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Lackformulierungen und Lackrezeptur, Müller Poth, ISBN 978-3-86630-813-8. • Autolacke formulieren, Poth, ISBN 978-3-87870-335-8 • Holzbeschichtungen, Prieto, Kliene, ISBN 978-3-87870-749-3 • Innovationen in den Bautenfarben, Reul, ISBN 978-3-86630-838-1 • Korrosionsschutz durch Beschichtungen, Sander, ISBN 978-3-86630-821-3 • Kunststoffbeschichtungen, Wilke, Ortmeier, ISBN 978-3-86630-817-6 • Lackharze, Stoye, Freytag, ISBN 978-3-44617-475-7 • Polyester und Alkydharze, Poth, ISBN 978-3-86630-663-9 • Acrylatharze, Poth, Schwalm, Schwartz, ISBN 978-3-86630-877-0 • Epoxidharze, Dornbusch, Christ, Rasing, ISBN 978-3-86630-877-0 • Synthetische Bindemittel für Beschichtungen, Poth, ISBN 978-3-86630-611-0 • Lackadditive, Bielemann, ISBN 978-3+-52728-819-9 • Lichtschutzmittel für Lacke, Valet, ISBN 978-3-87870-437-9 • Füllstoffe, Gysau, ISBN 978-3-86630-840-4 • Powder Coatings Chemistry and Technology, Spyrou ISBN978-374860-236-1

- Filmbildung, Mischke, Strehmel, ISBN 978-3-86630-898-1
- Praxis der Sol-Gel Technologie, Jonschker, 978-3-86630-829-9
- Introduction to Physical Polymer Science, Sperling, ISBN 978-0-471-70606-9
- K. Siebertz, D. van Bebber, T. Hochkirchen, Statistische Versuchsplanung: Design of Experiment (DoE), Springer Heidelberg 2010
- A. Pajankar, A. Joshi, Hands-on Machine Learning with Python: Implement Neural Network Solutions with Scikit-Learn and PyTorch, Apress, New York 2022

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Lackanalytik							
Code-Nr.	1830							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Dozent:in	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Lackprüf- und Messtechnik	0	0	-	-2			
	Spektroskopische Methoden				2			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Bachelorstudium							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden beherrschen die wichtigsten Methoden, um flüssige Lacke, Lackrohstoffe und Beschichtungen chemisch, physikalisch und mechanisch zu analysieren							
[Womit]	indem sie die vermittelte Theorie der Methoden an Beispielen aus der Lackindustrie üben.							
[Wozu]	Sie können Fragestellungen in der Lackentwicklung und Produktion mit analytischen Methoden lösen.							
Inhalt	Lackprüf- und Messtechnik II <ul style="list-style-type: none"> • Rheologie und Rheometrie, DMA • Kennzahlen von Lösemitteln und Flüssigprodukten: • Kennzahlen von Feststoffen • Prüfung von flüssigen Farben und Lacken: 							

	<ul style="list-style-type: none"> • Der Filmbilddoprozess • Der getrocknete Lackfilm • Mechanisch-technologische Filmeigenschaften / • Fehlstellen, Fehlstellenanalyse, Lackschäden <p>Spektroskopische Methoden in der Lackanalytik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maxwell Theorie • NMR-Spektroskopie • IR/Raman Spektroskopie • UV-VIS Spektroskopie • XPS • REM/EDX • Tof SIMS • Ellipsometrie
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 45-minütige mündliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Seminare.</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Hatada, K., Kitayama, T., NMR Spectroscopy of Polymers, Springer Verlag, Berlin, 2004.</u> • P. W. Atkins, Physikalische Chemie, Wiley VCH, Weinheim, 2013. • Friebolin, Ein- und zweidimensionale NMR Spektroskopie, Wiley VCH, Weinheim. • Stuart, B., Polymer Analysis, Wiley VCH, New York, 2002. • <u>Sun, Physical Chemistry of Macromolecules, Wiley, New York.</u> • M. Dornbusch, Corrosion Analysis, CRC Press, Boca Raton, New York, London, 2018 • T.G. Mezger, Angewandte Rheologie, Anton Paar GmbH; 2014 • G. Socrates, Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Chichester, New York, Weinheim, Toronto, Brisbane, Singapore, 2001 • J. B. Lambert, S. Gronert, H. F. Shurvell, D.A. Lightner, Spektroskopie, Strukturaufklärung in der Organischen Chemie, 2. Auflage, PEARSON, München, Harlow, Amsterdam, Madrid, Boston, San Francisco, Don Mills, Mexico City, Sydney, 2012 • M. Hesse, H. Meier, B. Zeeh, Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie, 8. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2012 • H.-H. Perkampus, UV-VIS-Spektroskopie und Ihre Anwendungen, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1986

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• U. Holzgrabe, I. Wawer, B. Diehl, NMW
Spectroscopy in Drug Development and Analysis,
Wiley-VCH, Weinheim, New York, Chichester,
Brisbane, Singapore, Toronto, 1999 |
|--|--|

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Mechanismen der Lackformulierung							
Code-Nr.	1810							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Schmitz							
Dozent:in	Prof. Dr. Schmitz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Wechselwirkung von Lackrohstoffen	1	-	-	1			
	Komplexe Lackformulierungen	1	-	-	1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Lackrohstoffe und Rezeptierung und Kenntnisse in der Bindemittelchemie							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Lacke für Anforderungen einer gegebenen Anwendung durch die Rohstoffauswahl begründet formulieren können							
[Womit]	Rohstoffinformationen aus technischen Datenblättern und chemische Zusammensetzung der Lackrohstoffe in Zusammenhang der physiko-chemischen Theorien zur Wirkungsweise und Wechselwirkungen in Lacken.							
[Wozu]	Rezepte und Formulierung zur Problemlösungen von Anforderungen der Praxis im beruflichen Alltag in der Lackentwicklung oder der Rohstoffsynthese bearbeiten zu können.							
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> Kriterien der Auswahl der Bindemittelsysteme und Härtungsmethoden 							

	<ul style="list-style-type: none"> • Physiko-chemische Hintergründe der Polymerknäuel und -netzwerke sowie Vorgänge der Polymerlösung und Trocknung • Rohstoffeinflüsse der Bindemittelmischungen für reaktive 2-Komponenten-, Einbrenn- oder Strahlehärtende Systeme • Formulierung von wässrigen Bindemitteldispersionen • Bindemittelchemie der Pulverlacke • Pigmentdispersierung und Stabilisierung sowie Wirkmechanismen der Netz- und Dispergiermittel. Vertiefung der physiko-chemischen Betrachtung zur Benetzung, Adhäsion und Durchfeuchtung • Koloristische Aspekte der Lackformulierung • Grenzflächenphänomene und chemische Reaktionen an Grenzflächen • Strukturaufbau rheologische Additive und Wechselwirkungen mit anderen Lackkomponenten • Reaktionsmechanismen der Lichtschutzmittel • Reaktionen und Mechanismen der Rohstoffe im Korrosionsschutz • Beschreibung von Anforderungsprofilen für diverse Eigenschaften von physikalisch trocknenden und chemisch härtenden Lacken inkl. Diskussionen von Lösungen durch die Rohstoffauswahl für Bautenfarben und Malerlacken, Möbellacken, Druckfarben, Elektronikbeschichtungen, Automobilakkierungen und Boden- und Architekturbeschichtungen
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 90 minütige schriftliche Modulprüfung oder 30-minütiges benotetes Kolloquium gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung und Übungen. Die Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters festgelegt.</p> <p>Testat*: --</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	PDF-Dateien der Präsentationen aus Vorlesung und Seminar; Übungsaufgaben aus den Diskussionen des Seminars, Probe-Kolloquium mit Lösungen und Bewertungsraster – Moodle-Kurs
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Lackformulierungen und Lackrezeptur, Müller Poth, ISBN 978-3-86630-813-8. • Autolacke formulieren, Poth, ISBN 978-3-87870-335-8 • Holzbeschichtungen, Prieto, Kliene, ISBN 978-3-87870-749-3 • Innovationen in den Bautenfarben, Reul, ISBN 978-3-86630-838-1 • Korrosionsschutz durch Beschichtungen, Sander, ISBN 978-3-86630-821-3 • Kunststoffbeschichtungen, Wilke, Ortmeier, ISBN 978-3-86630-817-6

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Lackharze, Stoye, Freytag, ISBN 978-3-44617-475-7• Polyester und Alkydharze, Poth, ISBN 978-3-86630-663-9• Acrylatharze, Poth, Schwalm, Schwartz, ISBN 978-386630-877-0• Epoxidharze, Dornbusch, Christ, Rasing, ISBN 978-3-86630-877-0• Synthetische Bindemittel für Beschichtungen, Poth, ISBN 978-3-86630-611-0• Lackadditive, Bielemann, ISBN 978-3+-52728-819-9• Lichtschutzmittel für Lacke, Valet, ISBN 978-3-87870-437-9• Füllstoffe, Gysau, ISBN 978-3-86630-840-4• Powder Coatings Chemistry and Technology, Spyrou ISBN978-374860-236-1• Filmbildung, Mischke, Strehmel, ISBN 978-3-86630-898-1• Praxis der Sol-Gel Technologie, Jonschker, 978-3-86630-829-9• Introduction to Physical Polymer Science, Sperling, ISBN 978-0-471-70606-9 |
|--|---|

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Korrosion							
Code-Nr.	1820							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Dozent:in	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Elektrochemie	2	0	-	-			
	Korrosion	2						
	-	0						
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Bachelor in Chemie							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden beherrschen die Grundlagen Elektrochemie und können diese auf Fragestellungen in der Korrosionsforschung und dem Korrosionsschutz anwenden.							
[Womit]	indem sie an Korrosionsphänomenen (Beispielen) die elektrochemischen, technischen, maschinenbau relevanten und lacktechnischen Probleme und Lösungen für einen guten Korrosionsschutz erlernen.							
[Wozu]	Korrosionsschutz ist eine zentrale Eigenschaft von Beschichtungen und deshalb integraler Bestandteil der Lackingenieursausbildung.							
Inhalt	Korrosion Theorie des Korrosionsvorganges <ul style="list-style-type: none">• Thermodynamische Grundlagen							

	<ul style="list-style-type: none"> • Kinetik elektrochemischer Reaktionen • Die Korrosionsgeschwindigkeit <p>Korrosionsarten von metallischen Werkstoffen Korrosionsarten unter Beschichtungen Korrosion und andere Eigenschaften verschiedener Gebrauchsmetalle Korrosionsschutzpigmente und Inhibitoren Korrosionsschutzmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Methoden des Korrosionsschutzes • Arten von Oberflächen und deren Vorbereitung • Konversionsschichten und andere Vorbehandlungsmethoden • Korrosionsschutz durch Beschichtungssysteme • Kathodischer Korrosionsschutz durch Beschichtungssysteme • Aufbau und Eigenschaften von Korrosionsschutzbeschichtungssystemen • Schichtdicke von Korrosionsschutzbeschichtungen </p> <ul style="list-style-type: none"> • Auswahl der Beschichtungssysteme <p>Elektrochemie:</p> <p>Grundlagen von Transportprozessen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diffusion • Migration • Mathematische Modelle <p>Grundlagen der Elektrochemie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamische Grundlagen • Kinetik elektrochemischer Reaktionen • Debye-Hückel-Onsager Theorie • Thermodynamische Aspekte der Elektrochemie • Kinetische Aspekte der Elektrochemie • Elektrodenreaktionen <p>Wasserstoffelektrode Sauerstoffelektrode Metalloberflächen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Passivität • Diffusionsprozesse an Elektrodenoberflächen • Elektrochemische Analysemethoden • Elektrochemie Abscheidung von Metallen <ul style="list-style-type: none"> •
Studien- und Prüfungsleistungen	Benotete 45-minütige mündliche Prüfung über die Inhalte der Vorlesungen.
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • <u>M. Dornbusch, Corrosion Analysis, CRC Press, Boca Roating, New York, London, 2018</u> • <u>Carl H. Hamann, Wolf Vielstich, Elektrochemie, 4. Auflage, Wiley-VCH,2005</u> • Rudolf Holze, Electrochemistry, Wiley-VCH, 2009

- P.J. Gellings, Korrosion und Korrosionsschutz von Metallen, Hanser, 1976
- Udo R. Kunze, Georg Schwedt, Grundlagen der quantitativen Analyse, Wiley-VCH, Weinheim, 2009
- H. Kaesche, Die Korrosion der Metalle, Springer Verlag, Berlin, 2011
- P.W. Atkins, Physikalische Chemie, VCH, Weinheim, 1990
- Holleman, Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 102. Auflage,
- Walter de Gruyter, 2007
- M. Merkel, K.-H. Thomas, Taschenbuch der Werkstoffe, Hanser Verlag, 2008
- DIN EN ISO 12944 Korrosionsschutz
- Verschiedene Normen, Fachschriften und Beiträge in Fachzeitschriften
- Ruf, Organischer Metallschutz, Vincentz, Hannover 1996
- J. CRANK, THE MATHEMATICS OF DIFFUSION, CLarendon Press Oxford, 1975

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Projekt Moderne Polymersynthese von Lackrohstoffen							
Code-Nr.	1840							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Bernd Strehmel							
Dozent:in	Prof. Dr. Bernd Strehmel							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Moderne Polymersynthese von Lackrohstoffen	-	-	5	-			
	Seminar Vertiefung	-	-		1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen	Kenntnisse in der Bindemittelchemie und Grundlagen der Synthese von Polymeren							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Herstellung und Charakterisierung polymerer Lackrohstoffe mittels radikalischer Polymerisation, Gruppentransferpolymerisation und Stufenwachstumsreaktionen. Blockcopolymeren werden einen Schwerpunkt bilden.							
[Womit]	Durch den Einsatz unterschiedlicher Laborarbeitstechniken zur Polymersynthese und Polymercharakterisierung auch unter anaeroben Bedingungen, wobei die Syntheseplanung eigenständig erfolgt mit dem SciFinder. Die Ergebnisse der							

	Literaturrecherchen werden im Seminar vorgestellt und kritisch erörtert.
[Wozu]	Um ein Verständnis zu entwickeln für die Reaktionsbedingungen zur Synthese und Charakterisierung polymerer Lackrohstoffe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Freie radikalische und kontrollierte Polymerisation • Lebende Polymerisationen • Polykondensationen • Polyadditionen • Klickchemie zur Synthese von polymeren Lackrohstoffen • Blockcopolymere
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Portfolioprüfung: abgeschlossene Praktikumsversuche und Versuchsberichte (10-30 Seiten) sowie Präsentation der synthetisierten Polymere Testat*:</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Versuchsvorschriften
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • B. Tieke, "Makromolekulare Chemie", Wiley-VCH, 2014. • K. Matyjaszewski, P. D. Davis, "Handbook of Radical Polymerization", Wiley, 2002, Weinheim. • G. Odian, "Principles of Polymerization", John Wiley & Sons, Hoboken, 2004, • L. Maisonneuve, O. Lamarzelle, E. Rix, E. Grau, H. Cramail, "Isocyanate-Free Routes to Polyurethanes and Poly(hydroxy Urethane)s", <i>Chem. Rev.</i> 2015, <i>115</i>, 12407-12439. • J. O. Akindoyo, M. D. H. Beg, S. Ghazali, M. R. Islam, N. Jeyaratnam, A. R. Yuvaraj, "Polyurethane types, synthesis and applications – a review", <i>RSC Advances</i> 2016, <i>6</i>, 114453-114482. • X. Liu, W. Hong, X. Chen, Continuous Production of Water-Borne Polyurethanes: A Review, <i>Polymers</i>, 2020, <i>12</i>, 2875; 10.3390/polym12122875. • V. Strehmel, et. al. "Application of ionic liquids in synthesis of polymeric binders for coatings", <i>Progress in Organic Coatings</i> 2015, <i>89</i>, 297-313. • H. C. Kolb, M. G. Finn, K. B. Sharpless, "Click Chemistry: Diverse Chemical Function from a Few Good Reactions", <i>Angew. Chem., Int. Ed.</i> 2001, <i>40</i>, 2004-2021. • V. V. Rostovtsev, L. G. Green, V. V. Fokin, K. B. Sharpless, "A stepwise Huisgen cycloaddition process: copper(I)-catalyzed regioselective "ligation" of azides and terminal alkynes", <i>Angew. Chem., Int. Ed.</i> 2002, <i>41</i>, 2596-2599.

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Moderne elektrochemische und spektroskopische Methoden der Korrosionsanalytik							
Code-Nr.	1840							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Dozent:in	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Sprache	Deutsch/Englisch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Korrosion	-	-	5	-			
	Seminar Vertiefung				1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Physikalische Chemie (BA)							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden beherrschen Methoden in der Elektrochemie und der Korrosionsforschung							
[Womit]	indem sie an Beispielaufgaben die verschiedenen Methoden und deren Möglichkeiten und Grenzen kennenlernen							
[Wozu]	Sie können in technischen Fragestellungen in der Korrosionsschutzzentwicklung die richtigen Methoden auswählen, geeignete Prüfkörper erzeugen und die Ergebnisse der Methoden auswerten und zielgerichtet für die weitere Entwicklung einer Beschichtung oder eines Beschichtungsprozesses nutzen.							
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Stromdichte-Potentialkurven • Cyclovoltammetrie 							

	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrochemische Impedanzspektroskopie • Raster-Kelvin-Sonde • Salzsprühtests • Reflexionspektroskopie • Raman-Spektroskopie • IR-Spektroskopie
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Portfolioprüfung (Zusammenstellung studienbegleitender schriftlicher, mündlicher oder praktischer Teilleistungen im Umfang von insgesamt ca. 45 Minuten bzw. 25 Seiten)</p> <p>Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • <u>M. Dornbusch, Corrosion Analysis, CRC Press, Boca Raton, New York, London, 2018</u>

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Industrielle Lackdispersionen							
Code-Nr.	1860							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Karlheinz Graf							
Dozent:in	Prof. Dr. Karlheinz Graf, Prof. Dr. Reza Saadat, Prof. Dr. Christian Schmitz							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Kolloidchemie	1,5	-	-	-			
	Nanopartikel in der Lackanwendung	-	-	-	1,5			
	Lackherstellung	-	-	-	1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Lackrohstoffe und Formulierungen, Grundlagen der Oberflächenwissenschaften und Mathematik							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden sollen die Prozessschritte für die Herstellung von Pigment- und Füllstoffdispersionen in großindustriellem Maßstab wirtschaftlich optimiert umsetzen können. Sie sollen weiterhin die unterschiedlichen Effekte erkennen, die durch Zugabe von Nano- im Vergleich zu Mikropartikeln entstehen. Hierzu sollen die relevanten molekularen Ursachen für das Verhalten der Dispersionen auf verschiedenen Längenskalen bestimmt und theoretisch beschrieben werden.							

[Womit]	Für die Herstellungsabläufe von Lackdispersionen sollen Kenntnisse zur wirtschaftlichen Fertigungsweise mittels Mischen und Dispergieren, die Logistik sowie der (digitalisierten) Produktkontrolle mittels digitaler Mitteln evaluiert, angewandt und kommuniziert werden. Diese Aspekte werden in Bezug zu Nanomaterialien interdisziplinär weiter beleuchtet und Pros und Cons von Nanopartikel-(NP)-Lackdispersionen im Team besprochen und vorgestellt. Anhand quantitativer physikochemischer Modelle aus den Oberflächenwissenschaften werden die Wechselwirkungen von Nanopartikeln berechnet und bewertet.
[Wozu]	Es sollen die Kompetenzen für Transfer und Scaling-Up der Laborfertigung von Lacken in den industriellen Maßstab vermittelt und anhand der molekularen Ursachen für die Stabilität von NP-Dispersionen die Beurteilung chemischer Komponenten für die Produktqualität erreicht werden.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Fertigungsprinzipien und Herstellabläufe von Lacken • Lagerung und Logistik von Lackrohstoffen • Mischverfahren zur Herstellung von Halbfabrikaten und zur Komplettierung von Lacken • Verfahren der Vor- und Hauptdispergierung • Berechnungen zur Auslegung und Optimierung der Dispergierprozesse • Verweilzeitverhalten in kontinuierlichen Produktionsprozessen der Dispergierung • Prozesse der Pulverlackherstellung • Qualitätssicherung und -management in der Lackherstellung • Sicherheit- und Umweltschutzaspekte in der Fertigung • Digitalisierung der Produktionsprozesse • Herstellung von Nanopigmenten für die Lackindustrie • Stabilisierung und Formulierung von Nanolacken • Mechanische, chemische und physikalische Charakteristika von Nanolacken (Analytik, Anwendung) • Molekulare Wechselwirkungen (elektrostatisch, van der Waals, spezielle)
Studien- und Prüfungsleistungen	Kolloidchemie und Lackherstellung: Benotete 60-minütige mündliche Prüfung Nanopartikel in der Lackanwendung: 30-minütige Präsentation, die nicht in die Note eingeht.
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Präsentationsfolien der Vorlesung und pdf-Dateien der relevanten Studien im Moodle-Kurs bzw. über Sciebo
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • H. Kittel, Lehrbuch der Lacks und Beschichtungen Band 8: Herstellung von Lacken und

	<p>Beschichtungsstoffe, Arbeitssicherheit, Umweltschutz, S. Hirzel, Stuttgart 2001.</p> <ul style="list-style-type: none">• A. Goldschmidt, H.-J. Streitberger, BASF Handbuch für Lackiertechnik, Vincentz Network, Hannover 2014• M. Baerns et al., Technische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim 2013.• J. Winkler, Dispergieren von Pigmenten und Füllstoffen, Vincentz-Network, Hannover 2014• S. Brugger-Gebhardt, Die DIN EN ISO 9001:2015 verstehen, Springer, Berlin 2016.• S. K. Kulkarni, Nanotechnology: Principles and Practices, 3. Aufl., Springer, Berlin 2015.• H.-J. Butt, K. Graf, M. Kappl, Physics and Chemistry of Interfaces, 4. Aufl. (oder 3.), Wiley-VCH, Weinheim 2023.
--	---

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Prozesskunde Lackapplikation							
Code-Nr.	1870							
ggf. Untertitel	Vorbehandlung und Applikation							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Dozent:in	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Prozesskunde Lackapplikation	4	0	-	-			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Bachelor Chemie, Lackapplikation I (Beng)							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden lernen alle relevanten Prozesse für Lackapplikationen kennen und noch einige weitere Lackapplikationsmethoden. Die lernen alle möglichen Vorbehandlungsmethoden für verschiedene Substrate kennen und können für einen Beschichtungsprozess die richtige VBH mit dem geeigneten Lack und die dazu passenden Prozesskomponenten auswählen und ökonomischen und ökologischen Aspekten unter Beachtung der Arbeitssicherheit.							
[Womit]	indem sie an Beispielen aus der Industrie die verschiedenen Prozesskonzepte kennenlernen und durch Training an gestellten Prozessaufgaben üben.							

[Wozu]	Der Lackingenieur in der Anwendung hat als zentrale Aufgabe Beschichtungsprozesse zu entwickeln und zu steuern.
Inhalt	<p>Lackprozesskunde</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung, Literatur, Inhalte der Vorlesung • Lackiervorbereitung, Schleifverfahren • Autoserienlackierung • Aufbereitung und Verwertung von Lackrückständen • Trockneranlagen • Abluftreinigung • Lackversorgung • Automatisierte Lackieranlagentechnik • Schiffslackierungen • Flugzeuglackierung • Commercial Transport Lackierungen • Pulverlackprozesse • Autoreparaturlacke • Lackieren von Kunststoffen • Weitere industrielle Lackierprozesse • Entlacken • Umwelt-, Abfall- und Arbeitssicherheits-Gesetzgebung • Ökobilanzen: Prinzip, Aussagefähigkeiten und Grenzen <p>Applikationsverfahren II:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung: Elektrostatisches Pulversprühen (EPS/Pulverlackierung) • Vertiefung: Elektrotauchlackierung • Walzen / Bandbeschichtung (Coil Coating) • Druckfarben und –techniken • Spezielle Applikationsarten für besondere Materialien und Anforderungen • Wassertransferdruck • Spraydosen • Conformal Coatings • Siegellacke • Drahtlacke • Kunstleder • Lichtleiterkabelbeschichtungen
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>45-minütige mündliche Performanz Prüfung. In der Prüfung wird eine Lackapplikationsanlage konstruiert und bewertet.</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Th. Brock, M. Groteklaes und P. Mischke, Lehrbuch der Lacktechnologie, 3. Aufl., Vincentz Verlag, Hannover 2009.

- Goldschmidt und H.-J. Streitberger, BASF-Handbuch Lackiertechnik, Vincentz Verlag Hannover, 2003.
- Kittel (Hrsg.): Herstellung von Lacken, 2. Aufl., Hirzel Verlag, Stuttgart 2004
- Kittel, H. und Fobbe, H. (Hrsg.), Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Band 9: Verarbeitung von Lacken und Beschichtungsstoffen, 2. Aufl.; Hirzel Verlag, Stuttgart 2003
- Taschenbuch Besser Lackieren 2012, 69.Ausgabe, Vincentz Verlag Hannover 20011 und ältere Ausgaben (bis 1997: Taschenbuch für Lackierbetriebe, danach: Jahrbuch für Lackierbetriebe)
- J.M. Oyarzún, Pigment Processing, Vincentz Verlag, Hannover 2000
-

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Projekt Lackapplikation							
Code-Nr.	1880							
ggf. Untertitel	-							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Schwerpunktspezifisches Studium Lackingenieurwesen							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Dozent:in	Prof. Dr. Michael Dornbusch							
Sprache	Deutsch/Englisch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Lackapplikation 2	-	-	5	-			
	Seminar Vertiefung				1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	15	75	60					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung								
Empfohlene Voraussetzungen	Lackapplikation I)							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden beherrschen Lackapplikationsmethoden, Parameterbestimmung für diese und beherrschen die Zusammenhänge aus Applikation und Beschichtungseigenschaft							
[Womit]	indem sie an Beispielaufgaben die verschiedenen Methoden und deren Möglichkeiten und Grenzen kennenlernen							
[Wozu]	Sie können in technischen Fragestellungen in der Lackapplikation die richtigen Methoden auswählen, geeignete Prüfparameter auswählen und die Ergebnisse dieser für eine Applikations- bzw. Beschichtungsentwicklung zielgerichtet nutzen.							
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Pulverapplikation (Wirbelsinter und Sprühapplikation) • Sprühapplikation 							

	<ul style="list-style-type: none"> • 2K Lacke • Kunststoffvorbehandlung • Metallvorbehandlung
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Portfolioprüfung (Zusammenstellung studienbegleitender schriftlicher, mündlicher oder praktischer Teilleistungen im Umfang von insgesamt ca. 45 Minuten bzw. 25 Seiten)</p> <p>Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • <u>M. Dornbusch, Corrosion Analysis, CRC Press, Boca Raton, New York, London, 2018</u> • Th. Brock, M. Groteklaes, P. Mischke und B. Strehmel, Lehrbuch der Lacktechnologie, 4. Aufl., Vincentz Verlag, Hannover 2012. • Goldschmidt und H.-J. Streitberger, BASF-Handbuch Lackiertechnik, Vincentz Verlag Hannover, 2003. • Kittel (Hrsg.): Verarbeitung von Lacken und Beschichtungsstoffen, 2. Aufl., Hirzel Verlag, Stuttgart 2004 • Kittel (Hrsg.): Herstellung von Lacken, 2. Aufl., Hirzel Verlag, Stuttgart 2004 • M. Dornbusch, R. Rasing, U. Christ, Epoxidharze, Vincentz Verlag, Hannover, 2015 •

Wahlpflichtmodule

Studiengang	M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Biotechnik							
Code-Nr.	1020							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	Bioverfahrenstechnik, Mikrobiologie							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Uta Bergstedt							
Dozent:in	Prof. Dr. Uta Bergstedt; Prof. Dr. Michaela Wagner							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Bioverfahrenstechnik	2			-			
	Mikrobiologie	2			-			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	-							
Empfohlene Voraussetzungen	-							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Bioverfahrenstechnik und die Betriebsweisen verschiedener Bioreaktoren und können unterschiedliche Prozesse differenzieren und deren wirtschaftliche Bedeutung einschätzen. Sie erlernen mikrobiologische Zellen und deren Stoffwechselleistungen und können diese Kenntnisse praxisbezogen einsetzen.							
[Womit]	indem sie an biotechnologischen Beispielprozessen die wesentlichen Begrifflichkeiten und Zusammenhänge identifizieren und diskutieren.							
[Wozu]	Sie beherrschen die Grundlagen der Bioverfahrenstechnik, sind mit biotechnologischen Apparaten vertraut, erlangen Kenntnisse in Produktionsprozessen von Biomolekülen durch							

	<p>Biokatalysatoren und erhalten einen Einblick in industriell relevante biotechnologische Prozesse. Sie können Mikroorganismen identifizieren, Mikrobiologisches Qualitätsmanagement planen und Methoden zur Eliminierung von Mikroorganismen beurteilen.</p>
Inhalt	<p>Bioverfahrenstechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktion von Bioreaktoren • up-stream-Processing (CIP, SIP etc.) • down-stream-Processing • Messen und Regeln an Bioprozessen • up-scaling von Bioprozessen • Umweltbioverfahrenstechnik • Integrierte Prozesse und Verfahrensentwicklung <p>Mikrobiologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau von Pro- und Eukaryonten • Stoffwechselphysiologie von Mikroorganismen • Identifizierungsmethoden • Desinfektion, Sterilisation, HACCP
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 90-minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Übungen, Power-Point aus der Vorlesung und Skript
Literatur:	<p><u>Bioverfahrenstechnik</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Behr, A.: Einführung in die Technische Chemie, Springer Verlag</u> • Chmiel, H.: Bioprozesstechnik, Springer Verlag • Doran, P.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press • Fensterle, J.: Biotechnologie für Dummies, Wiley VCH Verlag • Sahm, H.: Industrielle Mikrobiologie, Springer Verlag • Schmid, R.: Taschenatlas der Bio- und Gentechnik Wiley VCH Verlag • Storhas, W. (Hrsg.): Bioverfahrensentwicklung, VCH Verlag GmbH • Storhas, W.: Angewandte Bioverfahrensentwicklung: Praxisbeispiele für Auslegung, Betrieb und Kostenanalyse, Wiley VCH Verlag • Storhas, W.: Bioreaktoren und periphere Einrichtungen, Springer Verlag <p><u>Mikrobiologie:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Fuchs: Allgemeine Mikrobiologie, Thieme Verlag</u> • Fritsche: Mikrobiologie, Springer • Munk: Mikrobiologie, Spektrum Verlag

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• Brock: Mikrobiologie, Pearson• Bast: Mikrobiologische Methoden, Springer Verlag• Slonczewski: Mikrobiologie, Springer Verlag |
|--|--|

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Biotechnologische Prozessoptimierung							
Code-Nr.	1010							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Alle 3 Semester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michaela Wagner							
Dozent:in	Prof. Dr. Michaela Wagner, Prof. Dr. Miriam Sari							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Prozessoptimizerierung der Lebensmittel-Biotechnologie	1			2			
	Prozesssimulationen in der Biotechnologie				1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Schulkenntnisse der FH-Reife in Mathematik und Teilnahme am Vorkurs Mathematik, der vor Beginn der Vorlesungszeit vom Fachbereich Chemie angeboten wird.							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden können eine eigenständige Konzeptionierung und Optimierung von Fermentationsprozessen in der Lebensmittelbiotechnologie erarbeiten							
[Womit]	Indem sie verschiedene Prozessführungen der Lebensmittelbiotechnologie vergleichen und selbstständig bewerten, prozesstechnische, biotechnologische und							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

	lebensmittelrelevante Belange im interdisziplinären Team kritisch betrachten und diskutieren, bei einer eigenständigen Recherche die erworbenen Kenntnisse auf neue Prozesse übertragen und ihre Konzeptionierung präsentieren sowie Fermentationssimulationen am Computer durchführen.
[Wozu]	Um innovative und kreative Lösungsansätze der Lebensmittelbiotechnologie in fachübergreifender Teamarbeit formulieren zu können und Fermentationsprozesse digital überführen zu können.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Spezielle Fermentationsprozesse, Prozessführungen und deren praktische Anwendungen • Screening von Organismen und Produkten, Prozessentwicklung und Prozessanalytik, Auswahl passender Downstreaming Prozesse • Lebensmittelrelevante Beurteilungen biotechnologischer Prozesse im Kontext der Bioökonomie und Nachhaltigkeit, rechtliche Rahmenbedingungen, gesundheitlicher Nutzen, Marketing, Akzeptanz und Verbrauchertrends • Simulation von Fermentationsprozessen
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete Abschlusspräsentation. Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Chmiel, H.: Bioprozesstechnik, 3. Aufl. Spektrum Akademischer Verlag • Sahm, H.: Industrielle Mikrobiologie, 1. Auflage Springer Spektrum Verlag • Storhas, W.: Bioverfahrensentwicklung, 2. Aufl. Wiley VCH Verlag GmbH • Ralf Takors: Kommentierte Formelsammlung Bioverfahrenstechnik • Volker C. Hass: Praxis der Bioprozesstechnik mit virtuellem Praktikum • Fachaufsätze

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Chemie und Energie							
Code-Nr.	1011							
ggf. Untertitel	Chemische und physikalische Verfahren zur Energiewandlung und -speicherung							
ggf. Lehrveranstaltungen								
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Semester							
Modulverantwortliche(r)	Dr. D. Ebling							
Dozent:in	Dr. D. Ebling							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Chemie und Energie				4			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Technische Chemie, Physikalische Chemie							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Durch Vermittlung von Verständnis und Anwendung chemischer Verfahren und Kreislaufprozesse zur Speicherung und Wandlung von Energie erwerben die Studierenden neben dem chemischen und physikalischen Fachwissen, die Fähigkeit, den Entwicklungsstand von aktuellen Verfahren und Projekten der Industrie in diesem Bereich zu beurteilen, die verschiedenen Stufen vom Laborwissen bis zu einer breiten industriellen Anwendung im wirtschaftlichen Wettbewerb und der damit einhergehenden gesellschaftlichen Relevanz zu bewerten und damit Lösungen für eine Weiterentwicklung des							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

	technologischen Reifegrades auch für unbekannte Verfahren zu entwickeln.
[Womit]	Die Studierenden hinterfragen und klassifizieren eigene Ziele zur Entwicklung erneuerbarer Energie vor dem Hintergrund einer globalen Ökobilanz und der klimatischen Herausforderungen. In einem selbst gewählten Thema werden Inhalte eigenständig von den Studierenden recherchiert, erarbeitet und präsentiert und für eine kritische Auseinandersetzung aufbereitet. Sie sind in der Lage, die erarbeitete Position gegen kritische Argumente auch gegenüber einer größeren Gruppe zu vertreten.
[Wozu]	In Diskussionen sind die Studierenden in der Lage, sowohl die Position des Verfechters wie auch des Gegners einer umstrittenen Thematik aus dem Bereich der chemischen Energiewandlung mit fundierten Argumenten zu untermauern, unabhängig von ihrer persönlichen Meinung, um hieraus ein objektives Gesamtbild zu formulieren
Inhalt	<p>I. Chemische Verfahren zur technischen Energiewandlung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chemie und Energie Überblick <ul style="list-style-type: none"> ◦ Klimapolitische Ziele, Treibhauseffekt, Herausforderungen der chemischen Energieträger und -Speicher • Aktuell verwendete Energieträger und ihre Herstellung <ul style="list-style-type: none"> ◦ Fossile Brennstoffe, Typen, Umwandlung, Radioaktive Energieträger, Biokraftstoffe • Methoden zur Energiewandlung <ul style="list-style-type: none"> ◦ Thermodynamische Prozesse ◦ Fossile Energiequellen ◦ Prinzipien nachhaltiger Stromerzeugung Windkraft, Solarzellen, Biokraftstoffe ◦ Prinzipien nachhaltiger Wärmeerzeugung, Solarthermie, Wärmepumpen ◦ Kraftstoffe, Benzinersatzstoffe, Dieselsatzstoffe • Chemische Kreislaufprozesse zur Energiespeicherung <ul style="list-style-type: none"> ◦ CO2-Kreislaufprozesse, Power to Gas, Elektrochemische CO2-Reduktion ◦ Verfahren, Anwendungspotenziale, Zukunftsfähigkeit/Wirtschaftlichkeit • Verfahren zur Herstellung nachhaltiger Brennstoffe <ul style="list-style-type: none"> ◦ Chemische Verfahren, Biologische Varianten Anwendungspotenziale, Zukunftsfähigkeit/Wirtschaftlichkeit ▪ Weitere ausgewählte Themen (optional) <ul style="list-style-type: none"> ◦ Speicherung von Thermischer Energie

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Physikalische Speicherung ▪ Phase change materials ▪ Als chemische Energie ○ Nutzung von Abwärme ○ Wärmekraftmaschinen (ORC, Stirling, ...) und Anwendungsbereiche ○ Thermoelektrik: Materialien, Bauelemente, Anwendungen ○ Technische Anwendungen von Sorptionskältemaschinen, Kompressorwärmepumpen, Thermoelektrischen Wärmepumpen ○ Systemaufbauten <p>II.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrochemische Verfahren zur Erzeugung und Speicherung von Energie • Grundlagen der Elektrochemie <ul style="list-style-type: none"> ○ Elektrochemische Doppelschicht ○ Elektrochemische Thermodynamik ○ Elektrochemische Kinetik ○ Transportprozesse ○ Voltammetrie und andere Messverfahren ○ Halbleiterelektrochemie ○ Photoelektrochemie ○ Technische Anwendungen • Speicherung von elektrischer Energie <ul style="list-style-type: none"> ○ Primärzellen: Alkali-Mangan ○ Sekundärzellen: Blei-Säure, Nickel-Metallhydrid, Nickel-Cadmium, Lithium-Ionen, Natrium-Schwefel, Redox-Flow ○ Anwendungen: Systemtechnik, Hybridisierung, portable Geräte, Fahrzeugtechnik, regenerative Energien ○ Herstellung, Sicherheitstechnik und Entsorgung Grundlagen und Hintergrund: Materialien und Elektrochemie, Zell- und Batteriekonzepte, Systemtechnik, Anwendungen ○ Aufbau und Funktion von Brennstoffzellen, Komponenten ○ Technischer Wirkungsgrad, Strom-Spannungskennlinien von Brennstoffzellen ○ Messung von Kennlinien, Präparation von Zellen, Analytik, Hybridisierung
Studien- und Prüfungsleistungen	<p style="text-align: center;">Elektrochemische Syntheseverfahren (optional)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 45 minütiger Vortrag zu einem ausgewählten Kapitel aus dem Themenfeld und 2. benotete 120-minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung Testat*: - (*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)

Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Seminarskript und Übungsblätter als pdf-Files auf der Homepage/MoodleLehrvideos und weitere Informationen in der Sciebo- Cloud
Literatur:	<p>Fessmann, Oth: Angewandte Chemie und Umwelttechnik für Ingenieure. Ecomed 2002.</p> <p>Zahoransky (Hrsg.): Energietechnik – Systeme zur Energieumwandlung. Springer Vieweg, 2013</p> <p>Wesselak: Regenerative Energietechnik, Springer Vieweg 2013</p> <p>Adolf J. Schwab: Elektroenergiesysteme: Smarte Stromversorgung im Zeitalter der Energiewende, 6. Auflage, Springer Vieweg 2019</p> <p>Wolfgang Maus: Zukünftige Kraftstoffe, Springer Vieweg 2019</p> <p>Quaschning: Regenerative Energiesysteme. Hanser, 2013</p> <p>Pleite: Die Zukunft unserer Energieversorgung, Springer, 2014</p> <p>Sterner: Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, Springer, 2014</p> <p>Schwab: Elektroenergiesysteme. Springer 2015</p> <p>Ekardt, Jahrhundertaufgabe Energiewende, Zentrale Politische Bildung, 2015</p> <p>Heuck: Elektrische Energieversorgung. Springer 2013</p> <p>Labuhn, Romberg: Keine Panik vor Thermodynamik! Springer 2012</p> <p>Häberle: Fachwissen Umwelttechnik. Europa Lehrmittel 2011</p> <p>Information zur pol. Bildung, Spektrum der Wissenschaft, Siemens (Pictures of the Future)</p> <p>Hamann/Vielstich, Elektrochemie, Wiley-VCH, 2005</p> <p>Winter, Nitsch: Wasserstoff als Energieträger</p> <p>Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry</p> <p>Kirk, Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology</p> <p>Larminie, Dicks: Fuel cell systems explained</p> <p>R. Holze: Leitfaden der Elektrochemie, Teubner-Verlag, Stuttgart 1998 L.F.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trueb und P. Ruetschi: Batterien und Akkumulatoren, Springer, Berlin 1998

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen							
Modulbezeichnung	Chemie und Geisteswissenschaften							
Code-Nr.	1012							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	Archäometrie und Forensik & Ethik der Chemie							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Jürgen Schram							
Dozent:in	Prof. Dr. Jürgen Schram							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Archäometrie und Forensik	1			1			
	Ethik der Chemie	1			1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Chemie, Grundlagen der Instrumentellen Analytik							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Archäometrie und Forensische Analytik Die Studierenden verstehen die Rolle der Chemie als messende Naturwissenschaft im Umfeld der Archäologie, Restaurierung und Denkmalpflege. • entwickeln die Fähigkeit interdisziplinär kulturhistorische Fragestellungen mit chemisch analytischen Methoden zu untersuchen und die zu den jeweiligen Fragestellungen notwendigen chemisch analytischen Methoden auszuwählen. • entwickeln die Kompetenz Methoden und entsprechende Probenahmetechniken in Hinblick auf Minimalinvasivität zu bewerten und zu optimieren Ethik der Chemie • verstehen die Rolle der Chemie für Gesellschaft und gesellschaftliche Prozesse • entwickeln							

	die Fähigkeit Wechselwirkung von Chemie und Gesellschaft zu analysieren und differenziert zu betrachten. • werden befähigt Lösungsansätze für entsprechende resultierende Konflikte abhängig von technischen und gesellschaftlichen Rahmenparametern zu entwickeln
[Womit]	Archäometrie und Forensik: sind in der Lage die kulturhistorische Bedeutung eines Objektes zu verstehen und daraus Handlungsgrenzen im chemisch analytischen Vorgehen abzuleiten. • sind in der Lage entsprechende Fingerprint-Aussagen in Hinblick auf archäometrische Fragestellungen mit chemisch analytischen Methoden zu erarbeiten. Sie verstehen die Rolle der Chemie als messende Naturwissenschaft im Umfeld der Forensik. Sie entwickeln die Fähigkeit interdisziplinär forensische Fragestellungen mit chemisch analytischen Methoden zu untersuchen und die zu den jeweiligen Fragestellungen notwendigen chemisch analytischen Methoden auszuwählen. • entwickeln die Kompetenz Methoden und entsprechende Probenahmetechniken in Hinblick auf forensische Fragestellung zu bewerten und zu optimieren Ethik: lernen interdisziplinär zu denken und interdisziplinäre Ansätze gesellschaftlicher Prozesse kritisch einzuschätzen. • lernen Ansätze der Interessenkonflikte anhand ausgewählter praktischer Probleme zu kommentieren und kritisch zu hinterfragen. Dadurch lernen sie den Nutzen solcher Ansätze für die Praxis einzuschätzen.
[Wozu]	Archäometrie und Forensik: sind in der Lage die forensische Bedeutung eines Objektes zu verstehen und daraus Handlungsgrenzen im chemisch analytischen Vorgehen abzuleiten. • sind in der Lage entsprechende Fingerprint-Aussagen in Hinblick auf archäometrische Fragestellungen mit chemisch analytischen Methoden zu erarbeiten. • lernen interdisziplinär zu denken und interdisziplinäre Ansätze kritisch einzuschätzen. Ethik: können die Konsequenzen chemischer Entwicklungen in Hinblick auf Nachhaltigkeit und Umweltkonsequenzen einschätzen. • können die unterschiedlichen Prinzipien von langfristiger Schadensvermeidung anhand ethischer Parameter diskutieren und bewerten. • Besitzen ein Handwerkszeug zur gesellschaftlichen Diskussion von Konflikten im Umfeld der Chemie
Inhalt	ARCHÄOMETRIE und FORENSIK ARCHÄOMETRIE: Datierungsmethoden: • C14-Datierung

- Obsidian-Methode
 - Thermoluminiszenz
 - Isotopenmethoden
- Prospektionsmethoden:
- Gründe für Prospektion
 - Geomagnetismus
 - Konduktometrische Methoden
- Klassifizierungsmethoden:
- Mathematische Grundlagen
 - Analytisch chemische Methoden
 - Analytik der Hauptkomponenten
 - Analytik der Spurenbestandteile
 - Isotopenanalytische Methoden
 - Fingerprinting
 - Kulturhistorische Interpretationen
- Restaurierung/Konservierung:
- Chemische Schadensanalyse
 - Materialanalyse
 - Minimalinvasiv vs zerstörungsfrei
 - Materialalterung und Reversibilität
- Fälschungen:
- Fingerprinting
 - Alters- und Materialanalyse
- FORENSIK**
- Spurensicherung:
- Mikrospuren
 - Spurenkonservierung
 - Tat und Täter Ww
- Forensische Toxikologie:
- Forensische Probenahme
 - Vergiftungen und ihre Analytik
 - Rechtsmedizinisches Umfeld
 - Spezielle forensisch toxikologische Analysenmethoden
- Drogenanalytik:
- Illegale Drogen als Substanz
 - Illegale Drogenkonsum-Nachweise
 - Alkoholnachweise
 - Begleitstoffanalytik
- Kriminaltechnische Analytik:
- Mikrospuren
 - Glas
 - Lack
 - Brandbeschleuniger
 - Explosivstoffe:

	<ul style="list-style-type: none"> • Schmauchspuren • Sprengstoffanalytik <p>Produktpiraterie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fingerprinting • Material-Analytik <p>ETHIK IN DER CHEMIE</p> <p>Definition Ethik in:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Philosophie • Religion • Wirtschaft <p>Ethische Zielsetzung im Umfeld der Chemie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltigkeit • Umweltneutralität • Kosten/Nutzen • Soziales <p>Ethische Konflikte im Umfeld der Chemie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toxikologie • Umweltkatastrophen • Anthropogene Klimaveränderungen • Ernährung, Agrarchemie und Intensiv-Landwirtschaft • Chemieunfälle • Kernchemie • Bio und Nano – Fluch oder Segen <p>Analytische Instrumente zur Situationsbeschreibung von Konflikten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Werte und deren Wichtung • Emotionale Bewertungen • Technologische Bewertungen • Wirtschaftliche Bewertungen • Emotion gegen Sachwissen • Ethik-Gap • Ethik-Compliance <p>Konfliktlösungsstrategien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emotion & Sachwissen gegen Sachwissen & Emotion • Kompromissfähigkeit • Wechselseitiges Überzeugen vs. juristische Lösung <p>Geschichtliche Beispiele für Konfliktlösungen im Umfeld der Chemie</p>
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 90 minütige mündliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung und Übungen.</p> <p>Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>

Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Vorlesungsunterlagen werden ausgedruckt zur Verfügung gestellt.
Literatur:	<p><u>Archäometrie und Forensische Analytik</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Vorlesungsunterlagen</u> • <u>Diverse Fachartikel</u> <p>Ethik und Chemie Johannes De Graaf, Ethik und Chemie, De Guyther 2014</p>

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Grüne Chemie							
Code-Nr.	1013							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	Grüne Organische und Makromolekulare Chemie, Technische Photochemie							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. V. Strehmel							
Dozent:in	Prof. Dr. V. Strehmel, Prof. Dr. B. Strehmel							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Grüne Organische und Makromolekulare Chemie	1			1			
	Technische Photochemie	1			1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60		90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	-							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden sind in der Lage die Prinzipien der Grünen Chemie kritisch anzuwenden und umweltfreundliche Prozesse und Technologien sicher auszuwählen und zu planen. Die Studierenden haben ein Verständnis für Licht und dessen Nutzung sowohl in technologischen Prozessen als auch in der Diagnostik entwickelt und können dieses sicher anwenden.							
[Womit]	Indem sie ihr erworbenes anwendungsbereites Wissen zu alternativen Rohstoffquellen für die Gewinnung von							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

	Ausgangsstoffen für eine moderne chemische Industrie effektiv nutzen und ihr entwickeltes Verständnis für eine „ideale grüne Synthese“ sowohl niedermolekularer organischer als auch makromolekularer Stoffe anwenden und indem sie photochemische Prozesse und Technologien planen und modellieren können und gezielt Licht zur Nutzung in modernen Technologien auswählen können.
[Wozu]	Um den grünen Charakter chemischer Reaktionen und Prozesse zu beurteilen und zu quantifizieren und ihre anwendungsbereiten Kenntnisse zu einer „Grünen Synthesechemie“ sicher auf konkrete Aufgabenstellungen anzuwenden und um Licht als Reagenz und Werkzeug in der Diagnostik, der Medizin und in der Biologie sicher anzuwenden..
Inhalt	<p>Grüne Organische und Makromolekulare Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prinzipien einer „Grünen Chemie“ - Umweltfreundlichkeit von chemischen Prozessen - Design einer idealen Synthese - Click-Reaktionen als Beispiel für eine Abfallvermeidungsstrategie - Enzym-katalysierte Reaktionen - Alternative Rohstoffquellen - Energieökonomie - Quantifizierung des „Grünen Charakters“ von chemischen Reaktionen und Prozessen - Anwendung der Prinzipien einer „Grünen Chemie“ auf organisch-chemische Reaktionen und Prozesse - Anwendung der Prinzipien einer „Grünen Chemie“ auf die Synthese und das Recycling von Polymeren <p>Technische Photochemie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Industrie 4.0 und lichtgesteuerte Prozesstechnologien - Licht als kleinstes Reagenz und Werkzeug - Lichtquellen (Laser, LEDs, Excimer Strahler, Hg Lampen) - Energieeffizienz und Licht - Quantifizierung photochemischer Prozesse, Quantenausbeuten - Photochemische Synthesetechnologien - Mikroreaktoren in der photochemischen Synthese

	<ul style="list-style-type: none"> - Photochemische Prozesstechnologien - Licht in der Diagnostik und Medizintechnik
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>90 minütige Klausur oder 60 minütige mündliche Modulprüfung Testat zum Seminar als unbenotete Studienleistung. Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.</p> <p>Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Folien zur Vorlesung und Vorlesungsunterlagen sofern diese digital vorliegen
Literatur:	<p>Grüne Organische und Makromolekulare Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kamm, Birgit; Gruber, Patrick R.; Kamm, Michael: Biorefineries – Industrial Processes and Products, Vol. 1 u. 2, Wiley-VCH 2006 - Mathers, Robert T.; Meier, Michael, A. R.: Green Polymerization Methods, Wiley VCH 2011 - Fakirov, Stoyko, Biodegradable Polyesters, Wiley-VCH 2015 <p>Technische Photochemie</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Ab 2024: Bernd Strehmel, Veronika Strehmel, John H. Malpert, <i>Applied and Industrial Photochemistry</i></u> • J. P. Fouassier, J. Lalevée, Photoinitiators for Polymer Synthesis. Scope, Reactivity and Efficiency, Wiley-VCH <p>Bis dahin gelten die folgenden Literaturempfehlungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - R. C. Evans, P. Douglas, H. D. Burrow, Hugh D., <i>Applied Photochemistry</i> - N.J. Turro, J. C. Scaiano, V. Ramamurthy, <i>Principles of Molecular Photochemistry: An Introduction</i> <p>D. Wöhrle, M. W. Tausch, W.-D. Stohrer, <i>Photochemie. Konzepte, Methoden, Experimente</i></p>

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Labormanagement							
Code-Nr.	1014							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	Seminar Labormanagement							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Semester							
Modulverantwortliche(r)	Dr. Ebling							
Dozent:in	Dr. Ebling							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Labormanagement				4			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Keine Vorkenntnisse erforderlich, eine persönliche Auseinandersetzung mit der geplanten beruflichen Tätigkeit ist aber hilfreich							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Insgesamt analysieren, planen und beurteilen die Studierenden einen Laboralltag aus Sicht des Laborleiters/ der Laborleiterin. Während des Kursus werden sie mit überraschenden Situationen konfrontiert, zu denen sie Lösungen erproben können.							
[Womit]	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • kennen wesentliche Anforderungen, die bei Führung und Betrieb eines (analytischen) Labors erforderlich sind. • führen Rollenspiele zur Personalführung durch und beurteilen situatives Führungsverhalten 							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

	<ul style="list-style-type: none"> • planen ein fiktives Projekt. • stellen Formen des Qualitätsmanagements gegenüber • analysieren und beurteilen moderne Wirtschaftssysteme • analysieren internationale Bilanzreporte • erlernen Methoden und beurteilen den Erfolg von Projekten • differenzieren zwischen LIMS und ELN und beurteilen diese für den Einsatz im Labor
[Wozu]	<p>Die Studierenden erwerben damit die notwendigen Kenntnisse, um an ihren zukünftigen Arbeitsplätzen in der chemischen Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen qualifiziert Führungsaufgaben zu übernehmen. Sie werden befähigt, mit Standards und Normen zu arbeiten sowie Projekte und Forschungslabore qualifiziert zu führen.</p>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in das Thema <ul style="list-style-type: none"> ✓ Programm der Seminarreihe, Erwartungen der Teilnehmer • Unternehmensstrukturen, Organisationseinheiten <ul style="list-style-type: none"> ✓ Funktionaler Aufbau, Business Unit, Matrix ✓ Vision und Mission Statements • Führung und Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> ✓ Rekrutierungsprozesse, Auswahl, Mitarbeitergespräche, Zielvereinbarungen, Leistungsbeurteilung, Belohnungssysteme, Verhandlungen, Managementstile, Selbstorganisation • Projektmanagement <ul style="list-style-type: none"> ✓ Projektmanager Skills, Team Members ✓ Projektplanung und Milestones ✓ Planungstools (Software) • Arbeits- und Umweltschutz im Labor (HSE) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Berufsgenossenschaft, Arbeitsunfälle, Gefährdungsermittlung, Laborrichtlinien (BGI/GUV-I-850-0) (u.a. Gefährliche Arbeiten, Kleidung und persönliche Schutzausrüstung) • Qualitätsmanagement <ul style="list-style-type: none"> ✓ GLP, GMP, ISO 9001 und DIN EN ISO 17025, Akkreditierung, Zertifizierung • Finanzen <ul style="list-style-type: none"> ✓ Arten von Laboratorien, Kostenarten, Planung von Personal- und Sachkosten, Kostenermittlung für Analysen und Berichte, Internationale Bilanzierung, NPV und ROI Berechnungen, Cashflow • Supply Chain / Wertschöpfungskette <ul style="list-style-type: none"> ✓ Supply Chain Management, Modelle, Case Studies • Material- und Informationsfluss

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abläufe zentral/dezentral, Erstellen von Prüfplänen, Proben- und Informationsfluss im Labor • Labor-Informations- und Managementsysteme (LIMS) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Grundlagen und Systeme, Rohdaten, Auswahl und Beschaffung des LIMS • Exkursion
Studien- und Prüfungsleistungen	Benotete 120 minütige schriftliche oder 45 minütige mündliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte des Seminars. Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung und Skript, Unterlagen sind im entsprechenden moodle-classroom verfügbar.
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • P. Bamfield: Research and Development Management in the Chemical and Pharmaceutical industry, 2nd edition, Wiley-VCH, Weinheim 2003. • G. Wess: Führung und Management für Naturwissenschaftler, deGruyter, Berlin 2013. • K. G. Liphard: Labormanagement, Wiley-VCH, Weinheim 2014. • <u>Weiterführende Literatur zu den behandelten Themen wird während der Präsenzveranstaltungen bekanntgegeben.</u>

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Mathematische Modelle und Optimierung							
Code-Nr.	1015							
ggf. Untertitel	MMO							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Karlheinz Graf							
Dozent:in	Prof. Dr. Karlheinz Graf							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	MMO	3			1			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Mathematik-Vorlesungen aus dem Bachelor-Studium, Grundkenntnisse Physikalische Chemie							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden sollen Verfahren der numerischen Mathematik und Optimierung kennenlernen und sie auf reale Fragestellungen der Technischen Chemie und verwandter Gebiete anwenden.							
[Womit]	Sie präsentieren alleine oder im Team nach einer digitalen Literaturrecherche dem Plenum anhand eigenständig ausgewählter technischer oder physikochemischer Problemstellungen die Anwendung mathematischer Näherungsverfahren, sowie klassischer und aktueller Optimierungsstrategien. Die Ergebnisse werden kritisch diskutiert und im Hinblick auf Effizienz der jeweiligen Methode eingeordnet und mit anderen							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

	Methoden verglichen und bewertet. Als typische Methoden kommen neben analytischen Rechnungen, auch computergestützte Werkzeuge wie Kurvenanpassungstools oder numerische Näherungsrechnungen mittels Excel oder nach Absprache Programmiertools wie Python und Visual Basic zum Einsatz.
[Wozu]	Dieses Modul befähigt die Studierenden, sowohl in weiterführenden Arbeiten wie Master- oder Doktorarbeiten, als auch im Unternehmen komplexe Prozesse auf der Basis von Fachwissen ökonomisch, sowie ökologisch im Sinne von Resourcenminimierungen zu optimieren.
Inhalt	<p>Mathematische Modelle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Näherungsverfahren: Interpolation und Nullstellen • Numerische Ableitung und Integration • Fortgeschrittene Inhalte zu Skalar- und Vektorfeldern und Anwendung auf Hydrodynamik • Transportprozesse • Numerische Lösung von Differentialgleichungen <p>Optimierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineare Optimierung • Näherungsverfahren nach Nelder-Mead • Fibonacci-Suche • Weitere aktuelle Methoden als studentische Vorträge
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 120 minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung und Übungen</p> <p>und Präsentation einer Übungsaufgabe und/oder Vortrag über ausgewählte Themen aus einem der beiden Bereiche (unbenotet)</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Übungen, Power-Point aus der Vorlesung und/oder Skript
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • <u>U. Hoffmann, H. Hofmann, Einführung in die Optimierung mit Anwendungsbeispielen aus dem Chemieingenieurwesen, Wiley-VCH, Weinheim 1982 (nur in Bibliotheken vorhanden oder gebraucht erhältlich)</u> • <u>W. Krabs, Einführung in die lineare und nicht-lineare Optimierung für Ingenieure, Vieweg + Teubner, Stuttgart 2012.</u> • <u>Th. Unger, S. Dempe, Lineare Optimierung – Modell, Lösung, Anwendung, Vieweg + Teubner, Stuttgart 2010 (Beispiele aus den Wirtschaftswissenschaften).</u>

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• <u>K. Marti, D. Gröger, Einführung in die lineare und nichtlineare Optimierung, Physica-Verlag, Heidelberg 2000.</u> |
|--|--|

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Nachhaltigkeit in der industriellen Chemie							
Code-Nr.	1016							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	Nachhaltigkeit in der industriellen Chemie; Chemisches Nachhaltigkeitskonzept							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester (digital)							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Andrea Wanninger							
Dozent:in	Prof. Dr.-Ing. Uta Bergstedt, Prof. Dr. Andreas Roppertz, Prof. Dr. Andrea Wanninger							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Nachhaltigkeit in der industriellen Chemie	-			2			
	Chemisches Nachhaltigkeitskonzept				2			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	-							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden • sind in der Lage, die Prinzipien der Nachhaltigkeit in der Chemie, der Biotechnologie und im Chemieingenieurwesen zu erläutern und kritisch zu würdigen. • sind in der Lage, die Grundlagen nachhaltiger							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

	chemischer und biologischer Produkt- und Prozessentwicklung auf eine Konzeptentwicklung anzuwenden.
[Womit]	indem sie die Prinzipien der Nachhaltigkeit in der Chemie, der Biotechnologie und im Chemieingenieurwesen anhand eines Seminars zu den Grundlagen und mit industriebezogenen Fallbeispielen kennen und erarbeiten die Inhalte im wissenschaftlichen Diskurs mit den Lehrenden. Sie spielen in interdisziplinären Gruppen ein digitales Businessplanspiel SusCase zur Entwicklung eines nachhaltigen Produktes. Sie wenden kreatives und unternehmerisches Denken in ihrem Konzept an, das sie am Semesterende vorstellen.
[Wozu]	Sie können die Prinzipien der Nachhaltigkeit auf eigene Konzepte der nachhaltigen Produkt- und Prozessentwicklung im industriellen Kontext der Chemie, der Biotechnologie und des Chemieingenieurwesens anwenden.
Inhalt	<p>Nachhaltigkeit in der industriellen Chemie: (asynchron - Moodle, digital und live - Zoom):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prinzipien der Nachhaltigkeit • UN-Nachhaltigkeitsziele • Indikatoren für Nachhaltigkeit in Chemie und Chemieingenieurwesen • Nachhaltige (bio)chemische Produktentwicklung • Nachhaltige (bio)chemische Verfahrensentwicklung • Circular Economy (Zirkuläre Wertschöpfung) • Grundlagen des Life Cycle Assessments • Fallstudien - Industrielle Beispiele aus der: <ul style="list-style-type: none"> - Biotechnologie - Organischen Chemie und Kosmetikchemie - Technischen Chemie/Chemischen Technik <p>Chemisches Nachhaltigkeitskonzept:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführungsphase: Team building (Studierende und MentorInnen) und Ideenentwicklung • Digitales Businessplanspiel SusCase (10 Steps) <ul style="list-style-type: none"> - Das Planspiel wird Moodle-basiert gespielt - Gruppen zu 4-6 Studierenden - 10 Steps, einer pro Woche - Inhalt: Entwicklung eines nachhaltigen Waschmittels • Konzepterarbeitung in gemischten Gruppen von 4-6 Studierenden (M. Sc. und M. Eng.) <p>Schlüsselqualifikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Problemlösungsfähigkeit ➤ Kreativität ➤ Unternehmerisches Handeln und Eigeninitiative ➤ Adoptionsfähigkeit ➤ Durchhaltevermögen

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Digital Literacy ➤ Kollaboration ➤ Digital Ethics ➤ Kommunikation ➤ Teamfähigkeit ➤ Projektmanagement
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete mündliche Gruppenpräsentation während 30 min. gemäß der Prüfungsordnung und Note aus SusCase (50%). Wertung: 50 % der Note. Mündliche Prüfung während 30 min. gemäß der Prüfungsordnung. Wertung: 50 % der Note.</p> <p>Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Moodle-Kursplattform, Power Point, digitale Medien, Bücher, Fachzeitschriften, Firmeninformationen
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • www.suschem.org • www.chemiehoch3.de • Cavani, F.; Centi, G.; Perathoner, S.; Trifiró, F. (eds.): Sustainable Industrial Chemistry - Principles, Tools and Industrial Examples, Wiley-VCH, Heidelberg, 1. Auflage 2009 • Türk, O.: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Grundlagen – Werkstoffe – Anwendungen, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014. • Nachhaltigkeitsstrategien und -berichte von Unternehmen (biotechnologische und chemische Industrie, Konsumgüterindustrie)

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Nanotechnologie							
Code-Nr.	1017							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Sommersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Reza Saadat							
Dozent:in	Prof. Dr. Karlheinz Graf, Prof. Dr. Reza Saadat							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Nanotechnologie	-			2			
	Festkörperphysik	1,5			0,5			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Synthesechemie und der Mathematik							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Seminar Nanotechnologie: Die Studierenden stellen mit Hilfe des Dozenten einen Vortrag zusammen, welches im Team von ca. 2 Studierenden geschieht und in dieser Konstellation auch vorgetragen wird. Sie erarbeiten Sachverhalte, werten diese aus und überprüfen diese auf ihre Plausibilität. Festkörper: Die Studierenden erfahren anhand ausgewählter Kapitel der Festkörperphysik, wie der Aufbau der Materie zu typischen physikochemischen Eigenschaften der festen Stoffe auf verschiedenen Längenskalen führt.							
[Womit]	Seminar Nanotechnologie: indem sie anhand der vom Dozenten aufgelisteten Themen eine Literaturrecherche							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

	und Zusammenstellung vorbereiten, diese in Themen aufteilen und in einem Vortrag ausarbeiten. Hier werden sowohl Lehrbücher als auch andere wissenschaftliche Veröffentlichungen (Fachjournale, Patente, etc) herangezogen, so dass der Wissensstand immer aktuell gehalten wird. Anhand von Übungen werden typische Beispiele für Festkörpereigenschaften berechnet, entweder manuell oder mittels Datenprogrammen wie Excel, und der Bezug zur Nanotechnologie diskutiert.
[Wozu]	Seminar Nanotechnologie: Die Studierenden sind in der Lage komplexe Inhalte aus den unten genannten Themen in Vortragsform verständlich – auch in englischer Sprache – wiederzugeben. Sie würdigen kritisch das Ergebnis in der Gruppe und ziehen Schlüsse aus den Resultaten, wobei auch weiterführende Ideen/Konzepte erschlossen und kommuniziert werden sollen. Sie beschäftigen sich stets mit den neuesten Erkenntnissen auf dem Gebiet der Nanotechnologie und ermitteln aktuelle Inhalte aus diversen Quellen. Auf Basis des theoretischen Verständnisses von Festkörpereigenschaften können neuartige Nanomaterialien entwickelt und ihre Eigenschaften vorhergesagt werden. Dies ermöglicht die Weiterentwicklung von Funktionsmaterialien in der Praxis.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Nanoskala, Nano vs. Bulk • Effekte der Nanoskala auf Physik, Chemie und Biologie • Synthese Labor, Synthese im techn. Maßstab • Nachhaltige Produkte und Technologien • • Festkörper: • Kristallstrukturen • Arten von Wechselwirkungen • Mechanische Eigenschaften • Schwingungsmoden (Phonen) • Thermische Eigenschaften • Elektronen und Energiebänder
Studien- und Prüfungsleistungen	Benoteter 30-minütiger Vortrag gemäß Prüfungsordnung und Teilnahme an Übungen (unbenotet) (*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus dem Seminar, selbstzusammengestellte Literatur
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Kulkarni. S.K.: Nanotechnology: Principles and Practices, 3. Aufl., Springer Verlag, 2015.

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Hollemann-Wiberg: Lehrbuch der anorganischen Chemie, Fortführung durch N. Wiberg, 102. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin, 2007.• C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik, 15. Aufl., Oldenbourg, München 2013.• N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Festkörperphysik, 2. Aufl., Walter de Gruyter Oldenburg, München 2005.• H. Ibach, H. Lüth, Festkörperphysik, 7. Aufl., Springer, 2009.• K. Kopitzki, P. Herzog, Einführung in die Festkörperphysik, Springer, Heidelberg 2017. |
|--|---|

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Toxikologie							
Code-Nr.	1018							
ggf. Untertitel								
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michaela Wagner							
Dozent:in	Prof. Dr. Michaela Wagner							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Toxikologie	2			2			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Grundkenntnisse Chemie							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden verstehen typische toxische Wirkmechanismen und können Gefahren spezifischer Stoffgruppen bewerten.							
[Womit]	Indem sie in Beispielaufgaben mit Modellsubstanzen stattfindende toxikokinetischen Prozesse bestimmen und durch das Erkennen spezifischer Wirkmechanismen Effekte auf Organismen und Umwelt bewerten und diskutieren							
[Wozu]	Um gesundheits- oder umweltgefährliche Substanzen zu erkennen und Risiken einzuschätzen.							
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Toxikokinetik • Toxikodynamik 							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

	<ul style="list-style-type: none"> • Dosis-Wirkungsbeziehungen • Organsysteme • Ökotoxikologie • Testsysteme und Modellorganismen • Risikoabschätzung
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 60-minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung (50%) und benotete 20-minütige Präsentation eines ausgewählten Themas (50%) Testat*: Keines</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Power-Point aus der Vorlesung, ausgewählte Fachliteratur
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Fent, Karl (2013). <i>Ökotoxikologie: Umweltchemie-Toxikologie-Ökologie</i>. Georg Thieme Verlag. • Barth, H., K. Ernst und P. Papatheodorou (2022). Toxikologie für Einstieger. Berlin, Heidelberg, Springer. • Marquadt, Hans und Siegfried G. Schäfer (1994). Lehrbuch der Toxikologie. Mannheim, BI-Wissenschaftverlag.

Studiengang	M.Sc. Angewandte Chemie / M.Eng. Chemieingenieurwesen ¹							
Modulbezeichnung	Umweltverfahrenstechnik							
Code-Nr.	1019							
ggf. Untertitel	UVT							
ggf. Lehrveranstaltungen	-							
Zuordnung zum Curriculum	Wahlmodul / Wahlpflicht							
Angebotshäufigkeit	Jedes Wintersemester							
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Andreas Roppertz							
Dozent:in	Prof. Dr. K. Hoffmann-Jacobsen, Prof. Dr. A. Roppertz, Dr. D. Ebling							
Sprache	deutsch							
Lehrform / SWS	Lehrveranstaltung	V	Ü	P	S			
	Umweltverfahrenstechnik	2			2			
Arbeitsaufwand / h	Präsenzstudium	Praxis	Eigenstudium					
	60	0	90					
Kreditpunkte	5 CP							
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	keine							
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Verfahrenstechnik und der Analytik							
Modulziele und angestrebte Kompetenzen								
[Was]	Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Umweltverfahrenstechnik auf dem Gebiet der Rohstoffgewinnung, Produkterzeugung und Recycling sowie der Abwasser- und Abluftbehandlung technischer Prozesse.							
[Womit]	indem sie die wesentlichen Begrifflichkeiten und Zusammenhänge der Umweltverfahrenstechnik erlernen. Anhand vorgegebener Beispiele identifizieren und diskutieren die Studierenden im Seminar die Problemstellung und erarbeiten eigenständig Lösungsansätze.							

¹ Verwendbarkeit des Moduls in beiden angegebenen Studiengängen

[Wozu]	Sie können die Wertigkeit und Bedeutung von Stoffen und/oder Produkten während ihres Lebenszyklus einschätzen. Sie erhalten einen Überblick über die globale Verteilung von Rohstoffen, deren Gewinnungsprozessen und Nutzung. Ferner können sie für zukünftige Herausforderungen Stoffkreisläufe schließen, indem sie die technische Realisierung der stofflichen Nutzung und Aufbereitung von Rest-/Abfall- und Spurenstoffen beherrschen.
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Rohstoffverteilung • Gewinnung von Rohstoffen für die industrielle Nutzung • Ansätze zur Nachhaltigkeit bei der Rohstoffgewinnung • Produktrecycling • Schadstoffminderung aus industriellen Abgasen • Weitergehende Abwasserbehandlung • Abwasserrecycling • Abwasser und Energie
Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Benotete 120 minütige schriftliche Modulprüfung gemäß Prüfungsordnung über die Inhalte der Vorlesung und Übungen. Testat*: -</p> <p>(*:unbenotete Studienleistungen als Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulprüfung n. §18 PO)</p>
Vorlesungs- und Übungsunterlagen:	Übungen, Power-Point aus der Vorlesung und Skript
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Hans Martens, Recyclingtechnik, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2011 • Ulrich Förstner, Stephan Köster, Umweltschutztechnik, Springer Vieweg, 2018 • S. Wagner, N. Graf, H. Böchzell, H. Schnitzer, Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 30/2005 • Wilhelm Keim, Dr. Michael Röper, Rohstoffbasis im Wandel, Dechema Positionspapier 2010 • Rolf Stiefel, Abwasserrecycling: Technologien und Prozesswassermanagement, Springer Verlag, Berlin. • Diverse DWA-Regelwerke zum Bau und Betrieb von Abwasseranlagen • Pinnekamp et al.: Energie und Abwasser Handbuch NRW; MULNV NRW, Düsseldorf, 2017.