

Fakultät für Anlagen, Energie- und  
Maschinensysteme

Modulhandbuch für den Studiengang

Master Verfahrenstechnik – Prozessintensivierung

Erstimmatrikulation ab dem WiSe 18/19

**Studienverlauf des Studiengangs Master Verfahrenstechnik -  
Prozessintensivierung**

<b>Semester</b>	<b>M-Nummer</b>	<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Credits</b>
<b>WiSe</b>			
	401	Höhere Mathematik	5
	411	Projektmanagement und Teams	5
	430ff	Wahlpflichtmodul 1	5
	430ff	Wahlpflichtmodul 2	5
	404	Masterprojekt	10
	406	Prozessintegration	5
	407	Process Engineering Conference	5
		<b>Gesamt</b>	<b>30</b>
<b>SoSe</b>			
	401	Höhere Mathematik	5
	410	Ingenieurwissenschaftliches Arbeiten	5
	403	Fluidverfahrenstechnik und Mischphasenthermodynamik	5
	407	Process Engineering Conference	5
	404	Masterprojekt	10
	411	Projektmanagement und Teams	5
	430ff	Wahlpflichtmodul 3	5
	430ff	Wahlpflichtmodul 4	5
		<b>Gesamt</b>	<b>30</b>
<b>M3</b>			
SoSe, WiSe	409	Masterarbeit und Kolloquium	28 + 2
		<b>Gesamt</b>	<b>30</b>
		<b>Credits 1. - 3. Semester gesamt</b>	<b>90</b>

**Erläuterung der Modulnummer:**

Die erste Ziffer der Modulnummer steht für die Fakultät:

9 = Fakultät 09

Die zweite Ziffer steht für die Unterscheidung Bachelor- oder Masterstudiengang

B = Bachelor

M = Master

Die dritte Ziffer steht für die Studienrichtung bzw. Studiengang

1 = Studiengang Maschinenbau

2 = Studiengang Erneuerbare Energien

4 = Studiengang Verfahrenstechnik – Prozessintensivierung

5 = Studiengang Rettungsingenieurwesen

....

Die vierte und fünfte Ziffer sind fortlaufende Nummern, wobei die Module durch polyvalente Verwendung mehrere Nummern haben können. So ist anhand der Modulnummern erkennbar, welcher Fakultät, welchem Studiengang und ggf. welcher Studienrichtung ein Modul zugeordnet ist.

# Studienverlaufsplan Masterstudiengang Verfahrenstechnik – Prozessintensivierung

1. oder 2. Semester	1. oder 2. Semester	3. Semester
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Höhere Mathematik</b> 5 Credits         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Fluidverfahrenstechnik und Mischphasenthermodynamik</b> 5 Credits         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Ingenieurwissenschaftliches Arbeiten</b> 5 Credits         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Projektmanagement und Teams</b> 5 Credits         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Wahlpflichtmodul 1</b> 5 Credits         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Wahlpflichtmodul 2</b> 5 Credits         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Process Engineering Conferences</b> 5 Credits         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Prozessintegration</b> 5 Credits         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Masterprojekt</b> 10 Credits         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Wahlpflichtmodul 3</b> 5 Credits         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Wahlpflichtmodul 4</b> 5 Credits         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <b>Masterarbeit und Kolloquium</b> 28 + 2 Credits         </div>
Credits gesamt 30	Credits gesamt 30	Credits gesamt 30

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M401	<b>Höhere Mathematik</b>
Credits	5
Verantwortliche	Prof. Dr. rer. nat. Schmitz
Dozentin	Prof. Dr. rer. nat. Schmitz
Modulziele	Die Studierenden interpretieren und modifizieren einen in einer höheren Programmiersprache geschriebenen Quellcode. Sie erstellen selbstständig einen strukturierten und kommentierten Quellcode. Die Studierenden vollziehen typische Problemstellungen aus dem Bereich der Verfahrenstechnik als Gleichungs- bzw. Differentialgleichungs-Systeme nach und wählen zur Lösung adäquate Algorithmen bzw. numerische Werkzeuge aus und parametrieren diese. Sie beschreiben die Ursachen numerischer Instabilitäten und bewerten damit die Genauigkeit der erhaltenen Resultate.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programmierung mit MATLAB</li> <li>• Fourier- und Laplace-Transformation</li> <li>• Konvergenz, Fehlerkontrolle und numerische Dispersion</li> <li>• Integrale von Funktionen einer und mehrerer Variablen</li> <li>• Interpolation</li> <li>• Numerische Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungssysteme</li> <li>• Numerische Steifigkeit</li> <li>• Numerische Lösung partieller Differentialgleichungssysteme mittels finiter Differenzen speziell am Beispiel der Wärmeleitungsgleichung und der Navier-Stokes-Gleichung</li> <li>• Optimierung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hill-Climbing</li> <li>- Lineare und nicht-lineare Regression</li> <li>- Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen</li> <li>- Monte-Carlo Simulation</li> </ul> </li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	Vorlesung, Übung

Leistungsnachweis	Klausur
Empfohlene Voraussetzungen	Differential- und Integralrechnung von Funktionen einer und mehrerer Variablen, Grundkenntnisse der Lösung elementarer gewöhnlicher Differentialgleichungen
Workload (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits  Vorlesung                                  30 Std.  Übungen                                        30 Std.  Vor- und Nachbereitung                90 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M1
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moler, C.B.: Numerical Computing with MATLAB, Society for Industrial Mathematics (2010)</li> <li>• Dahmen, W.; Reusken, A.: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer, Berlin u. a. (2006)</li> <li>• Golub, G. H.; Ortega, J. M.: Wissenschaftliches Rechnen und Differentialgleichungen. Eine Einführung in die Numerische Mathematik, Berliner Studienreihe zur Mathematik. Bd. 6, Heldermann, Berlin (1995)</li> <li>• Constantinides, A.; Mostoufi, N.: Numerical Methods for Chemical Engineers with MATLAB Applications, Prentice Hall, (1999)</li> </ul>

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M410	<b>Ingenieurwissenschaftliches Arbeiten</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rögner
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Richter, Prof. Dr.-Ing. Rieckmann, Prof. Dr.-Ing. Rögner, Prof. Dr.-Ing. Schubert und ggf. weitere Professoren des Instituts AV
Modulziele	<p>Die Studierenden analysieren und beurteilen die einschlägigen Methoden ingenieurwissenschaftlichen Arbeitens.</p> <p>Sie sind in der Lage auch nichttechnische Auswirkungen der Ingenieur Tätigkeit zu erkennen und in ihr Handeln verantwortungsbewusst einzubeziehen.</p> <p>Die Studierenden analysieren und lösen anwendungsorientierte Probleme, die unvollständig definiert sind und die konkurrierende Spezifikationen aufweisen. Sie setzen innovative Methoden bei der Problemlösung ein und reflektieren und bewerten die Ergebnisse.</p>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationsbeschaffung Literaturrecherche, Patentdatenbanken, Normen und Regelwerke, Stoffwerte</li> <li>• Wissenschaftliche Methodik Hypothese und Theorie, Modellierung und Modelle, Prädiktion und experimentelle Validierung</li> <li>• Ingenieur und Gesellschaft Kommunikation, Ethisches Handeln, Lebenszyklusanalyse (LCA), Technologiefolgeabschätzung</li> <li>• Strukturiertes ingenieurwissenschaftliches Arbeiten Zeit- und Ressourcenplanung</li> <li>• Experimentelles Arbeiten Parameterauswahl und Versuchsplanung, Design of Experiments (DOE), Reproduzierbarkeit, Sensitivitätsanalyse</li> <li>• Datenauswertung Erfassung, Interpretation und Verifizierung von Daten</li> </ul>

	<p>aus Produktion und Projektabwicklung, Plausibilität, Bilanzierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissenschaftliche Dokumentation Zitation, Plagiate, Abstract, Poster, Paper, Laborbuch, Sprache, Schreibstil, Gewohnheiten (DE, EN)</li> <li>• Rhetorik und Gesprächsführung Vortragsplanung, Zielgruppen</li> <li>• Schutzrechte Patente - neu, nützlich und nicht offensichtlich, Urheberrecht, Geschmacksmuster und Marken, Arbeitnehmererfindungsrecht, Erfindungsmeldung</li> </ul>				
Lehrmethoden/-formen	Seminar				
Leistungsnachweis	Klausur oder mündliche Prüfung, Arbeitsproben				
Empfohlene Voraussetzungen	Keine				
Workload (30 Std./Credit)	<p>150 Std./5 Credits</p> <table> <tr> <td>Seminar</td> <td>60 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>90 Std.</td> </tr> </table>	Seminar	60 Std.	Vor- und Nachbereitung	90 Std.
Seminar	60 Std.				
Vor- und Nachbereitung	90 Std.				
Empfohlene Einordnung	Semester M1				
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kleppmann, W.: Taschenbuch Versuchsplanung. Produkte und Prozesse optimieren. Hanser Fachbuchverlag (2006)</li> <li>• Jischa, M. J.: Herausforderung Zukunft: Technischer Fortschritt und Globalisierung, Elsevier (2005)</li> </ul>				



Modulnummer	Modulbezeichnung
9M411	<b>Projektmanagement und Teams</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rögner
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Richter, Prof. Dr.-Ing. Rögner
Modulziele	Die Studierenden analysieren und beurteilen Schlüsselqualifikationen (Handlungskompetenz, Methodenkompetenz, Selbstkompetenz und soziale Kompetenz) der Projektarbeit in der Prozessindustrie. Sie leiten diese Methoden auf das Projektmanagement und die Arbeit im Team ab und beurteilen die Stärken und Schwächen der dazu etablierten Methoden. Darüber hinaus beurteilen die Studierenden Aspekte heterogener und interdisziplinärer Teams und sind in der Lage, Konflikt- und Widerstandsszenarien zu bewerten.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung Projektmanagement <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normen und Standards</li> <li>- Definition Projekt</li> <li>- Anforderung an Projektleiter</li> <li>- Projektarten</li> <li>- Stakeholder</li> </ul> </li> <li>• Von der Akquisition zum Vertrag <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auftragsakquisition</li> <li>- Ausschreibung</li> <li>- Angebotsbearbeitung</li> <li>- Vertragsverhandlung, Vertrag</li> </ul> </li> <li>• Projektphasen und Projektinhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorplanung</li> <li>- Basisplanung</li> <li>- Ausführungsplanung</li> <li>- Beschaffung</li> <li>- Bau und Montage</li> <li>- Inbetriebnahme</li> </ul> </li> <li>• Projektorganisation <ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektorganisation vs. Linienorganisation</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektorganisation im Anlagenbau</li> <li>• Projektcontrolling <ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektstrukturplanung</li> <li>- Terminplanung</li> <li>- Kapazitätsplanung</li> <li>- Kostenplanung</li> <li>- Kontrollmethodik</li> <li>- Terminkontrolle</li> <li>- Kostenkontrolle</li> <li>- Projektsteuerung</li> <li>- Projektabschluss</li> </ul> </li> <li>• Operatives Management, Methoden <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgaben</li> <li>- Arbeitsinhalte</li> <li>- Ergebnisse</li> </ul> </li> <li>• Gesprächsführung und Meetings <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gesprächsführung</li> <li>- Effektive Meetings vorbereiten und leiten</li> <li>- Telefon- und Videokonferenzen</li> </ul> </li> <li>• Aspekte von Teams <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teamarbeit im Projekt</li> <li>- Kriterien der Teamzusammenstellung</li> <li>- Rollen und Funktionen</li> <li>- Zusammenarbeit fördern</li> <li>- Motivation</li> <li>- Entwicklungsphasen von Gruppen</li> <li>- Analysen im Team</li> </ul> </li> <li>• Widerstand, Konflikt, Konfliktlösung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teufelskreismodell und Konflikteskalation</li> <li>- Gewaltfreie Kommunikation</li> <li>- Konsens entwickeln</li> </ul> </li> <li>• Besondere Aspekte heterogener Teams <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interkulturelle Kompetenz</li> <li>- Frauen im Ingenieurberuf</li> </ul> </li> <li>• Führung und Zusammenarbeit <ul style="list-style-type: none"> <li>- Führungsaufgaben</li> </ul> </li> </ul>
--	---



Modulnummer	Modulbezeichnung
9M403	<b>Fluidverfahrenstechnik und Mischphasenthermodynamik</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rögner
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Rögner, Dr.-Ing. Schießer
Modulziele	Die Studierenden verwenden die Thermodynamik realer Mehrphasensysteme, leiten geeignete Methoden zur Berechnung von Aktivitäten und Fugazitäten ab und beurteilen das Verhalten realer Systeme im Vergleich zu idealen Systemen. Sie analysieren komplexe Trennprozesse und legen sie prozesstechnisch aus (Basisplanung). Darüber hinaus verwenden sie aktuelle Arbeitsmethoden bei der gemeinsamen Projektarbeit im Team. Dabei wählen die Studierenden eine/n Projektleiter/in aus und legen die übrigen Teamrollen eigenständig fest.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Grundlagen der Mischphasenthermodynamik von idealen und realen Systemen</li> <li>• Berechnung von Stoffdaten Mischungen und Phasengleichgewichten</li> <li>• Bilanzierung von Material und Enthalpie</li> <li>• Verfahrenstechnische Dimensionierung von Rektifikationskolonnen zur Trennung von nicht-idealen Mehrkomponentensystemen</li> <li>• Extraktion mit überkritischen Medien</li> <li>• Spezielle Membranprozesse</li> <li>• Anwendung der Prinzipien der Mischphasenthermodynamik in der Prozessintensivierung</li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	Seminar mit Rechenübungen
Leistungsnachweis	Klausur, Kurzvortrag und Übung zu ausgewählten Themen
Empfohlene Voraussetzungen	Keine

<p>Workload (30 Std./Credit)</p>	<p>150 Std./5 Credits</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">Seminar</td> <td style="text-align: right;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Übung</td> <td style="text-align: right;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td style="text-align: right;">90 Std.</td> </tr> </table>	Seminar	30 Std.	Übung	30 Std.	Vor- und Nachbereitung	90 Std.
Seminar	30 Std.						
Übung	30 Std.						
Vor- und Nachbereitung	90 Std.						
<p>Empfohlene Einordnung</p>	<p>Semester M1</p>						
<p>Empfohlene Literatur</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stephan, P., et al.: Thermodynamik. Grundlagen und technische Anwendungen. Band 2: Mehrstoffsysteme und chemische Reaktionen, Springer (2010)</li> <li>• Pfennig, A.: Thermodynamik der Gemische, Springer (2003)</li> <li>• J.M. Prausnitz, R.N. Lichtenthaler, E. Gomez de Azevedo: Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria. Prentice-Hall (1986)</li> </ul>						

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M406	<b>Prozessintegration</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Richter, Prof. Dr.-Ing. Rieckmann, Prof. Dr.-Ing. Rögner, Prof. Dr.-Ing. Schubert
Modulziele	<p>Die Studierenden analysieren verfahrenstechnische Prozesse, erkennen Engpässe und identifizieren diejenigen Prozessschritte, Teilprozesse oder Grundoperationen, die die Gesamteffizienz eines Prozesses beeinträchtigen. Sie nennen und beschreiben ausgewählte integrierte Prozesse und erläutern diese anhand kommentierter Skizzen. Sie bilanzieren und dimensionieren ausgewählte integrierte Prozesse prozesstechnisch und beurteilen das Ergebnis.</p> <p>Aufbauend auf dem Stand der Technik erarbeiten sich die Studierenden den aktuellen Stand der Wissenschaft und reflektieren, unter welchen technischen und ökonomischen Bedingungen dieser in Zukunft wiederum zum Stand der Technik werden kann.</p>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Prozessanalyse</li> <li>• Systematische Prozesssynthese</li> <li>• Bilanzierung integrierter Grundoperationen</li> <li>• Nicht-konventioneller Energieeintrag, z.B.: Ultraschall, Infrarot, Mikrowelle, UV, Laser</li> <li>• Integration von Wärmeübertragung und chemischen Reaktionen <ul style="list-style-type: none"> <li>- autotherme Reaktionen</li> <li>- Verdampfungskühlung</li> </ul> </li> <li>• Integration von Trennprozessen und chemischen Reaktionen, z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktivrektifikation</li> <li>- Reaktivabsorption</li> <li>- Reaktivextraktion</li> <li>- Reaktivkristallisation</li> </ul> </li> </ul>



	Integrated Chemical Processes, Wiley-VCH (2005)
--	---



Modulnummer	Modulbezeichnung
9M407	<b>Process Engineering Conference</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Schubert
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Richter, Prof. Dr.-Ing. Rieckmann, Prof. Dr.-Ing. Rögner, Prof. Dr.-Ing. Schubert und ggf. weitere Professoren des Instituts AV
Modulziele	<p>Die Studierenden schlagen im Rahmen eines vorgegebenen thematischen Rahmens und eines „Call for Papers“ ein wissenschaftlich relevantes Thema vor. Sie verfassen zu diesem Thema einen Abstract in englischer Sprache wie es zur Einreichung eines Beitrages für eine wissenschaftliche Konferenz notwendig ist. Sie verfassen, ebenfalls in englischer Sprache, folgende Formate, wie sie für eine wissenschaftliche Konferenz in Form und Zielsetzung üblich sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paper</li> <li>• Poster</li> <li>• Oral Presentation</li> </ul> <p>Die Studierenden halten einen Vortrag in englischer Sprache und führen Diskussionen zu Fachvorträgen.</p>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherche</li> <li>• Verfassen einer Zusammenfassung (<i>extended abstract</i>)</li> <li>• Verfassen eines wissenschaftlichen Artikels (<i>paper</i>)</li> <li>• Erstellen eines wissenschaftlichen Posters (<i>poster presentation</i>)</li> <li>• wissenschaftlicher Vortrag (<i>oral presentation</i>)</li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	<p>Forschendes Lernen,</p> <p>In-house Scientific Conference: „Process Engineering Conference“</p> <p>Begleitung durch ein Seminar</p>
Leistungsnachweis	Abstract (20 %), Wissenschaftliches Paper (40 %), Poster oder Vortrag (je 40 %)
Empfohlene	Modul „Ingenieurwissenschaftliches Arbeiten“

Voraussetzungen	
Workload (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits  Seminar und Konferenz      40 Std.  Vor- und Nachbereitung      110 Std  Betreuungsaufwand              3 SWS + 1,5 SWS (techn. Englisch)
Empfohlene Einordnung	Semester M2
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ebel, H.F.; Bliefert, C.; Kellersohn, A.: Erfolgreich Kommunizieren, Wiley-VCH, Weinheim (2000)</li> <li>• Alley, M.: The Craft of Scientific Presentations. Springer (1996, 2018)</li> <li>• Alley, M.: The Craft of Scientific Writing. Springer (1996, 2018)</li> </ul>



Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="544 194 1230 275">• Ebel, H.F.; Bliefert, C.; Kellersohn, A.: Erfolgreich Kommunizieren, Wiley-VCH, Weinheim (2000)</li><li data-bbox="544 297 1337 387">• Perry, R., H.; Green, D. W.: Perry's Chemical Engineer's Handbook, McGraw-Hill (2007)</li></ul>
----------------------	---

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M409	<b>Masterarbeit und Kolloquium</b>
Credits	28 + 2
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Richter, Prof. Dr.-Ing. Rieckmann, Prof. Dr.-Ing. Rögner, Prof. Dr.-Ing. Schubert und ggf. weitere Professoren des Instituts AV
Modulziele	<p>Die Studierenden bearbeiten selbstständig innerhalb einer vorgegebenen Frist eine gestellte ingenieurwissenschaftliche Aufgabe aus dem Fachgebiet der Verfahrenstechnik und stellen die Ergebnisse klar und verständlich nach wissenschaftlichen Kriterien dar. Sie leisten dabei einen Transfer und erweitern den Stand der Wissenschaft und Technik.</p> <p>Im Masterkolloquium begründen die Studierenden mündlich und selbstständig die fachlichen Grundlagen, die angewandten Methoden, die Auswertung und die Ergebnisse ihrer Masterarbeit. Sie erläutern fachübergreifende Zusammenhänge und außerfachliche Bezüge.</p>
Modulinhalte	<p>Masterarbeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Masterarbeit besteht aus der eigenständigen Bearbeitung einer ingenieurwissenschaftlichen Aufgabe aus dem Gebiet der Verfahrenstechnik sowie aus der schriftlichen Darstellung der angewandten wissenschaftlichen Methoden und Ergebnisse.</li> <li>• Die Masterarbeit umfasst Aspekte der aktuellen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der am IAV aktiven Arbeitsgruppen.</li> <li>• Die Studierenden sind damit ein tragender Teil der angewandten Forschung und Entwicklung und direkt in die Arbeiten eingebunden.</li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	Masterarbeit: Forschendes Lernen. Eigenständige Projektarbeit aus dem Bereich der Ingenieurwissenschaften, in der Regel allein bearbeitet und durch einen Professor / eine Professorin angeleitet.
Leistungsnachweis	schriftlicher Bericht, Vortrag und mündliche Prüfung

Empfohlene Voraussetzungen	Modul „Masterprojekt“ (10 CP)
Workload (30 Std./Credit)	900 Std./30 Credits  Masterarbeit            840 Std.  Kolloquium            60 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M3
Empfohlene Literatur	Wissenschaftliche Fachliteratur, Recherche z. B. über <a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a>

## Wahlpflichtmodule

<b>Modulnr.</b>	<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Dozent:in</b>	<b>Verantwortliche/r</b>	<b>WiSe</b>	<b>SoSe</b>
9M439	Anlagen- und Arbeitssicherheit	Prof. Dr.-Ing. Rögner et al.	Prof. Dr.-Ing. Rögner	X	-
9M437	Lebensmitteltechnik	Dr. Emde	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	X	-
9M438	Scale-up and cost estimation	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	X	-
9M211/ 9M332	CFD – Computational Fluid Dynamic	Prof. Dr.-Ing. Ziller und Mitarbeiter*innen	Prof. Dr.-Ing. Ziller	X	-
9M435	Water and wastewater treatment in circular economy	Prof. Dr.-Ing. Rögner	Prof. Dr.-Ing. Rögner	X	-
9M440	Wahlprojekt	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann et al.	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	X	X
9M438	Polymer engineering and recycling	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	-	X
9M441	Gas treatment, purification and storage technology	Prof. Dr.-Ing. Schubert	Prof. Dr.-Ing. Schubert	-	X
9M432	Prozessentwicklung	Prof. Dr.-Ing. Rögner	Prof. Dr.-Ing. Rögner	-	X
9M433	Energieintegration	Prof. Dr.-Ing. Richter	Prof. Dr.-Ing. Richter	-	-
9M436	Technologie kleiner Partikeln	Prof. Dr.-Ing. Schubert	Prof. Dr.-Ing. Schubert	-	X

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M432	<b>Prozessentwicklung</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rögner
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Rögner
Modulziele	Die Studierenden analysieren die speziellen fachlichen Methoden für die Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse und wenden sie für die Erstellung einer Projektarbeit an. Sie leiten diese Methoden auf Beispiele aus den Bereichen der Chemischen Verfahrenstechnik, der Fluidverfahrenstechnik, der Feststoffverfahrenstechnik und der Bioverfahrenstechnik ab, bewerten die gewonnenen Erkenntnisse und übertragen diese auf verwandte Fragestellungen. Die Studierenden erwerben eigene Erfahrungen zu den spezifischen Arbeitsmethoden anhand der Bearbeitung eines betreuten Projekts im arbeitsteiligen Team. Sie übertragen ihr Wissen und die Arbeitstechniken auf verwandte Fragestellungen in der Prozessintensivierung.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektorganisation <ul style="list-style-type: none"> <li>- Literatur-, Patent- und Marktstudie</li> <li>- Stage-gate-Modell für Prozessinnovationen</li> <li>- Projekthandbuch</li> <li>- Simultaneous Engineering</li> </ul> </li> <li>• Projektdokumentation</li> <li>• Prozessdesign <ul style="list-style-type: none"> <li>- strukturierte Methoden</li> <li>- heuristische Regeln</li> <li>- Prozessvarianten und Bewertung</li> <li>- Optimierung</li> <li>- Anwendung</li> </ul> </li> <li>• Prozessanalyse</li> <li>• Maßstabsvergrößerung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Methoden</li> <li>- Anwendung</li> </ul> </li> <li>• Physikalische Modelle und mathematisch Modellierung</li> </ul>





	Handbook. McGraw-Hill (2007)
--	------------------------------

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M433	<b>Energieintegration</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Richter
Dozenten	NN
Modulziele	Die Studierenden verwenden, analysieren und bewerten Methoden und Prozesse zur Energieintegration verfahrenstechnischer Prozesse. Sie wählen im Spannungsfeld fixe Kosten / variable Kosten komplexe Wärmeübertragernetzwerke und Verfahren der Abwärmenutzung aus. Der letzte Schwerpunkt wird im Rahmen einer Projektarbeit entwickelt und beurteilt und stellt einen Teil des Leistungsnachweises dar.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abwärmenutzung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rekuperative und regenerative Wärmeübertrager</li> <li>- Kraft-Wärme-Kopplung</li> <li>- Wärmepumpen</li> <li>- Kälteanlagen</li> <li>- Stromerzeugung aus Abwärme (Organic-Rankine-Prozess, Kalina-Prozess, Stirling-Motoren, Thermoelektrik)</li> <li>- Wärmenetze</li> </ul> </li> <li>• Systemanalytische Methoden <ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemanalytische Betrachtungsweise bei der Energieintegration</li> <li>- Exergetische Analyse</li> <li>- Pinch-Analyse</li> <li>- Optimierung von Wärmeübertragernetzwerken mittels Pinch-Analyse</li> </ul> </li> <li>• Energiespeicher <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speicherung von Energieträgern (gasförmig, flüssig, fest)</li> <li>- Speicherung thermischer Energie (fühlbar, latent, thermochemisch)</li> <li>- Speicherung chemischer Energie (chemische Wasserstoffspeicher, elektrochemisch)</li> <li>- Speicherung mechanischer (kinetischer) Energie</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Speicherung mechanischer (potentieller) Energie</li> <li>- Speicherung elektrischer Energie</li> <li>- Power to X</li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	Seminar, Projektarbeit
Leistungsnachweis	Mündliche Prüfung, Bericht
Empfohlene Voraussetzungen	Kenntnisse in Technischer Thermodynamik und Physikalischer Chemie
Workload (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits  Seminar 60 Std.  Vor- und Nachbereitung inkl. Projektarbeit 90 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pehnt, M. (Hrsg): Energieeffizienz, Springer (2010)</li> <li>• Zahoransky, R. (Hrsg): Energietechnik, Vieweg-Teubner (2009)</li> <li>• Douglas, J.: Conceptual design of Chemical Processes , Mc-Graw-Hill (1988)</li> <li>• Rummich, E.: Energiespeicher, Expert-Verlag (2009)</li> <li>• Kemp, I.C.: Pinch Analysis and Process Integration (2007)</li> <li>• Morand, R.; et al.: Prozessintegration mit der Pinch Analyse, Handbuch zum BFE Einführungskurs, Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm für Verfahrenstechnische Prozesse (2006)</li> </ul>

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M436	<b>Technologie kleiner Partikeln</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Schubert
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Schubert
Modulziele	Die Studierenden können ausgewählte Apparate, Maschinen und Verfahren der Technologie kleiner Partikeln nennen, beschreiben, nach Anforderungen auswählen und verfahrenstechnisch auslegen. Sie modifizieren gezielt die Partikeleigenschaften wie Partikelgröße, Partikelgrößenverteilung, spezifische Oberfläche, Porosität, Porenstruktur, die physiko-chemischen Oberflächeneigenschaften, die Dispergierbarkeit und Löslichkeit, auch in geeigneter großtechnischer Umsetzung. Ziel dieser Modifikationen sind Produkte mit definierten Funktionen aus und mit Partikeln im Bereich von Partikelgrößen in den Größenbereichen mm, $\mu\text{m}$ , nm.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysetechniken <ul style="list-style-type: none"> <li>- Partikelgrößenverteilung (auch Agglomerate und Aggregate)</li> <li>- spezifische Oberfläche</li> <li>- Porengröße und Porengrößenverteilung</li> </ul> </li> <li>• Grenzflächenprozesse, Adsorption und Desorption an Feststoffoberflächen</li> <li>• Herstellverfahren für Partikeln <math>&lt; 1 \mu\text{m}</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sprühtrocknen</li> <li>- Gefriertrocknen</li> <li>- Mahlen</li> <li>- Abscheiden</li> <li>- Kristallisation</li> <li>- Schmelzkristallisation</li> <li>- Sol-Gel-Verfahren und Coating</li> </ul> </li> <li>• Dispergieren in niedrig- und hochviskosen Fluiden</li> <li>• Produkte mit spezifischen Funktionen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suspensionsstabilität</li> </ul> </li> </ul>




Modulnummer	Modulbezeichnung
9M437	<b>Lebensmitteltechnik</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Dozent	Dr. Emde
Modulziele	Die Studierenden erläutern die Eigenschaften ausgewählter Apparate und Prozesse der Lebensmitteltechnik. Sie bewerten durch besondere Detailbetrachtungen und über das Grundlagenwissen hinaus, auch forschungsrelevante, praktische und branchen-spezifische Aspekte. Die Studierenden beschreiben, wie in industrieller Forschung und Produktion Gesamt- oder Teilprojekte auch unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und ökologischer Rahmenbedingungen erfolgreich bearbeitet werden. Sie analysieren Fragestellungen der Lebensmitteltechnik, entwickeln neue Prozesse und wenden ihre für die Branche relevante Forschungskompetenz an.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• spezielle Grundlagen der Lebensmitteltechnik</li> <li>• Prozesstechnik in der Lebensmittelproduktion</li> <li>• Bilanzierung und Modellierung von Prozessen zur Produktion von Lebensmitteln</li> <li>• Apparate- und Anlagendesign in der industriellen Praxis</li> <li>• Wirtschaftlichkeitsaspekte bei der Prozess- und Anlagenplanung</li> <li>• Auslegung von Misch- und Rührapparaten</li> <li>• hygienegerechte Gestaltung von Produktionsanlagen</li> <li>• Fermentationsprozesse zur Produktion oder Umwandlung von Lebensmitteln oder Lebensmittelinhaltsstoffen</li> <li>• Prozesse in der Öl- und Fettverarbeitung</li> <li>• Technik und Verfahren in der Getränketechnologie</li> <li>• Technologien und Rohstoffe für Bioraffineriekonzepte unter Berücksichtigung der Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion</li> <li>• innovatives Wasser- und Abwassermanagement in der Lebensmittelindustrie</li> <li>• Projektarbeit (Einführung, Bearbeitung, Vortrag)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exkursion (Vorbereitung, Firmenbesuch, Bericht)</li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	Seminar, Übung, Projektarbeit, Exkursion, Laborarbeit
Leistungsnachweis	Mündliche Prüfung
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Thermischen Verfahrenstechnik und der Mechanischen Verfahrenstechnik
Workload (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits  Seminar 30 Std.  Übung, Projektarbeit, Laborarbeit 30 Std.  Vor- und Nachbereitung inkl. Projektarbeit 90 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Holzapfel W.: Mikrobiologie der Lebensmittel. Lebensmittel pflanzlicher Herkunft. Behr's Verlag, Hamburg, 2007</li> <li>• Yanniotis S.: Solving Problems in Food Engineering. Springer, New York, 2008</li> <li>• Schuchmann H.P., Schuchmann H.: Lebensmittelverfahrenstechnik, Wiley-VCH, Weinheim 2005</li> <li>• Hauser G.: Hygienische Produktion Band 1 und 2, Wiley-VCH, Weinheim, 2008</li> </ul>



Modulnummer	Modulbezeichnung
9M434	<b>Scale-up and cost estimation</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Modulziele	<p>Die Studierenden skalieren verfahrenstechnische Apparate und Maschinen. Sie erstellen Relevanzlisten und entwickeln die entsprechenden dimensionslosen Kennzahlen. Sie wenden Ähnlichkeitstheoretische Gleichungen bei der Maßstabsvergrößerung an und nutzen die aus den Kennzahlen und Gleichungen abgeleiteten Proportionalitäten.</p> <p>Die Studierenden analysieren und entwickeln ausgewählte stationäre und instationäre verfahrenstechnische Prozessmodelle. Sie handhaben ein kommerzielles Simulationswerkzeug (CHEMCAD) sowie interpretieren und modifizieren sie Quellcodes (Matlab, Octave) zur Lösung der instationären Bilanzgleichungen. Sie beurteilen die Stärken und Schwächen der Maßstabsvergrößerung auf Basis hybrider Methoden.</p> <p>Die Studierenden wenden einschlägige Methoden der Kostenschätzung an. Abhängig vom Reifegrad eines Projekts schätzen sie die Investitionsausgaben (<i>class 4</i> und <i>class 3</i>) für eine Chemieanlage sowie die Produktionskosten eines chemischen Produkts.</p> <p>Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch</p>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontext Prozessentwicklung und Skalierung (scale-up und scale-down)</li> <li>• Grundlagen der Ähnlichkeitstheorie, Pi-Theorem</li> <li>• Entwicklung von Relevanzlisten</li> <li>• Dimensionsanalyse</li> <li>• Entwicklung dimensionsloser Kennzahlen und Lösung linearer Gleichungssysteme nach verschiedenen Methoden anhand ausgewählter Beispiele</li> <li>• Vollständige und partielle Ähnlichkeit</li> <li>• Geometrische Ähnlichkeit als Ursache für das Scheitern einer</li> </ul>

	<p>Maßstabsvergrößerung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung dimensionsloser Kennzahlen und hybrider Methoden zur Maßstabsvergrößerung</li> <li>• Maßstabsvergrößerung und Auslegung einer „Kennzahlenmessmaschine“, Numbering-up vs. Scale-up</li> <li>• Modellbildung in der Verfahrenstechnik</li> <li>• Modellbildung und Simulation instationärer Prozesse anhand ausgewählter Beispiele (Mathcad, Matlab, Octave)</li> <li>• Formulierung dimensionsloser Bilanzgleichungen</li> <li>• Numerische Lösung partieller Differentialgleichungen durch Diskretisierung im Ort und Integration über der Zeit</li> <li>• Cost Engineering und Kostenschätzung</li> <li>• Investitionsarten im Anlagenbau</li> <li>• Definition betriebswirtschaftlicher Kennzahlen</li> <li>• Optimales wirtschaftliches Design</li> <li>• Arten der Kostenschätzung und notwendige Informationen bzw. Dokumente</li> <li>• Zuschlagskalkulation, Modulmethode, Mengengerüst</li> <li>• Genauigkeit und Aufwand der Schätzmethoden</li> <li>• Kostenarten, Kapitalbedarf und Produktionskosten</li> <li>• Kostenindices</li> <li>• Kapitalbedarfsdegression</li> <li>• Methoden zur Schätzung der Investitionsausgaben</li> <li>• Methoden zur Schätzung der Produktionskosten</li> <li>• Sensitivitätsanalyse und Risikoanalyse mittels Monte-Carlo-Simulation</li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	Seminar, Übung, Projektarbeit
Leistungsnachweis	Mündliche Prüfung, Bericht
Empfohlene Voraussetzungen	<p>Module</p> <p>„Numerische Mathematik“</p> <p>„Reaktionstechnik“</p> <p>„Wärmeübertrager“</p>

	„Fluidverfahrenstechnik“  „Feststoffverfahrenstechnik“
Workload  (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits  Seminar, Übung <span style="float: right;">60 Std.</span>  Vor- und Nachbereitung <span style="float: right;">90 Std.</span>
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vogel, G.H.: Process Development. Wiley-VCH, 2005</li> <li>• Tatterson, G. B.: Process Scaleup and Design. Gary Tatterson, 2012</li> <li>• Ingham, J.; Dunn, I.J.; Heinzle, E.; Prenosil, J.E.: Chemical Engineering Dynamics. Wiley-VCH, 2007</li> <li>• Scholz, H.-G.: Kostenmanagement. Hanser, 2001</li> <li>• Peters, M.S.; Timmerhaus, K.D.; West. R.E.:  Plant Design and Economics for Chemical Engineers. McGraw-Hill, 2003</li> <li>• Brown, T.: Engineering Economics and Economic Design for Chemical Engineers. CRC Press, 2007</li> <li>• Navarrete, P.; Cole, W.C.: Planning, Estimating and Control of Chemical Construction Projects. Marcel Dekker, 2001</li> </ul>

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M439	<b>Anlagen- und Arbeitssicherheit</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rögner
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Rögner, Prof. Dr.-Ing. Schubert
Modulziele	Die Studierenden beschreiben, analysieren und bewerten Gefährdungspotentiale in Planung, Bau und Betrieb einer Anlage. Sie erkennen auch bisher unbekannte Gefahrensituationen durch den universellen Ansatz des Risikomanagements. Die Studierenden entwickeln proaktiv Maßnahmen und Konzepte, um Gefährdungen grundsätzlich zu vermindern und Gefährdungspotentiale zu senken. Sie setzen diese Maßnahmen ggf. argumentativ innerbetrieblich durch. Hierzu setzen Sie erworbene Kenntnisse auch im rechtlichen Bereich um und nutzen sowohl technische, als auch organisatorische Ansätze des Arbeitsschutzes und der Anlagensicherheit.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen Grundbegriffe der Anlagen- und Arbeitssicherheit, Persönliche Schutzausrüstung, Sicherheitsdatenblätter Rechtliche Grundlagen zur Anlagen- und Arbeitssicherheit; Gefahrstoffe, UVV; REACH, Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS),</li> <li>• Gefahrensituationen und Risiken Definition von Gefahrenpotential, Risiko Störfallszenarien (Explosionen, Exposition, Brand, ...); jeweils mit Gefährdungsbeurteilung Immisionsschutz; Beispiele für Arbeitsunfälle in der chemischen Industrie Risiken bei hochautomatisierten Anlagen (Ausfall- und IT-Sicherheit / Hackerangriffe) Besondere Gefährdungspotentiale, die sich aus der Prozessintensivierung ergeben können (z.B. multipler Energieeintrag, Verdichtung)</li> <li>• Maßnahmen und Konzepte</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Ansätze Phase Anlagen- und Apparatebau: Sicherheitsanalysen (HAZOP, PAAG); Sicherheit durch MSR-Technik; Implementierung der Sicherheitstechnik in die Anlagentechnik; Grundlagen der fehlertoleranten Auslegung; Sicherheitsventile Phase Anlagenbetrieb: Brand- und Explosionsschutz bei Anlagen mit Stoffumwandlung und / oder Energieumwandlung Schutzkonzept bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen</li> <li>• Organisatorische Ansätze Inner- und überbetrieblicher Arbeitsschutz (Sicherheitsbeauftragte und Fachkräfte vs. Gewerbeaufsicht, BG) Methoden des Risikomanagements zur Gefahrenerkennung und Gefahrenvermeidung Arbeitsplatzgestaltung (Vermeidung von Lärm; Beleuchtung; Vibrationsvermeidung; Vermeiden von Ermüdung) Auditierung, Dokumentation, Definition und Organisation von Arbeitsabläufen; Fehlerkultur als Elemente der vorsorgenden Arbeits- und Anlagensicherheit Krisenkommunikation</li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	Seminar
Leistungsnachweis	Klausur
Empfohlene Voraussetzungen	Chemische, physikalische und thermodynamische Grundlagen für die Gefährdungsabschätzung, Kenntnisse im Bereich der Anlagenplanung und des Apparatebaus.
Workload (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits Seminar 60 h Vor- und Nachbereitung 90 h
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauptmanns, U.: Prozess- und Anlagensicherheit, Springer, (2013)</li> <li>• Hattwig, M.; Stehen, H.: Handbook of Explosion Prevention and Protection, Wiley (2008)</li> <li>• Rothe, C.: Arbeitsschutz von A – Z, Haufe-Lexware (2009)</li> </ul>

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M440	<b>Wahlprojekt</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Richter, Prof. Dr.-Ing. Rieckmann, Prof. Dr.-Ing. Rögner, Prof. Dr.-Ing. Schubert und ggf. weitere Professoren des Instituts AV
Modulziele	Die Studierenden erarbeiten selbstständig einen Themenvorschlag für ihr forschungsbasiertes Wahlprojekt und begründen diesen. Sie planen und bearbeiten selbstständig in vorgegebener Frist diese selbstdefinierte ingenieurwissenschaftliche Aufgabe. Sie dokumentieren die Ergebnisse im Rahmen etablierter wissenschaftlicher Gepflogenheiten klar und verständlich.
Modulinhalte	Das forschungsbasierte Wahlprojekt besteht aus der eigenständigen Bearbeitung einer selbst identifizierten ingenieurwissenschaftlichen Aufgabe aus dem Gebiet der Verfahrenstechnik und der schriftlichen Darstellung der herangezogenen wissenschaftlichen Methoden und Ergebnisse.
Lehrmethoden/-formen	Forschendes Lernen, durch eine/n Professor/in begleitet
Leistungsnachweis	Bericht
Empfohlene Voraussetzungen	Modul „Ingenieurwissenschaftliches Arbeiten“
Workload (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits  Eigenarbeit                      150 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M2
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ebel, H.F.; Bliefert, C.; Kellersohn, A.: Erfolgreich Kommunizieren, Wiley-VCH (2000)</li> <li>• Perry, R., H.; Green, D. W.: Perry's Chemical Engineer's Handbook, McGraw-Hill (2007)</li> </ul>

Modulnummer 9M211/9M332	Modulbezeichnung <b>CFD – Computational Fluid Dynamic</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Ziller
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Ziller, Herr Sturm, M.Eng.
Modulziele	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren dreidimensionale Strömungs- und Wärmetransportmechanismen in Fluidsystemen und ordnen sie einer angemessene Betrachtungsweise zu (stationär oder instationär)</li> <li>• entwerfen und verbinden adäquate Modellstrukturen</li> <li>• evaluieren mögliche numerische Lösungsverfahren und wählen gebräuchliche numerische Turbulenz-, Wärmestrahlungs- und Reaktionsmodelle</li> <li>• konfigurieren die verwendeten kommerziellen Programme richtig, steuern die iterativen Berechnungsabläufe und erkennen, beurteilen und minimieren Fehler</li> <li>• verstehen und interpretieren die englischsprachigen Programmmenüs und Handbücher und übertragen die Zusammenhänge auf den konkreten Anwendungsfall</li> <li>• definieren Randbedingungen und Modelleigenschaften für neue unbekannte Anwendungsfälle und begründen Festlegungen</li> <li>• bearbeiten Fragestellungen zu technischen Systemen und deren Komponenten zur Auslegung, Dimensionierung oder zum Betriebsverhalten</li> </ul>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung, Aufbau und Möglichkeiten numerischer Strömungssimulation</li> <li>• mathematische Modellbildung der maßgebenden Transportphänomene (Diskretisierungsmethoden in Raum und Zeit; Finite-Volumen-Methode)</li> <li>• physikalische Modellgrundlagen der Transportgleichungen für Masse, Impuls und thermischer Energie</li> <li>• Aufbau, Form und Gestaltung von Modellgeometrien sowie</li> </ul>

	<p>Berechnungsgittern (zwei- und dreidimensional)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbulenzmodell in der freien Strömung (RANS, RSM)</li> <li>• Wandfunktionen als Modell für wandnahe Turbulenzen (Grenzschichtmodellierung)</li> <li>• Wärmeübertragungsmodelle (Leitung, Konvektion und Strahlung)</li> <li>• Modellierung von Randbedingungen an den Modellraumgrenzen</li> <li>• Validierung der Ergebnisse, Fehlerbetrachtung (Art, Ursache und Vermeidung)</li> </ul>								
Lehrmethoden/-formen	<p>Vorlesung in englischer Sprache</p> <p>Projekt, Übung mit kommerziellen CFD-Programmen</p>								
Leistungsnachweis	<p>Klausur (90 Min., Hilfsmittel Formelsammlung) und Projektaufgabe als Hausarbeit (je 50% der Gesamtnote)</p>								
Empfohlene Voraussetzungen	<p>Numerische Mathematik</p>								
<p>Workload</p> <p>(30 Std./Credit)</p>	<p>150 Std./5 Credits</p> <table> <tr> <td>Vorlesung</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Übung</td> <td>15 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td>75 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>30 Std.</td> </tr> </table>	Vorlesung	30 Std.	Übung	15 Std.	Projektarbeit	75 Std.	Vor- und Nachbereitung	30 Std.
Vorlesung	30 Std.								
Übung	15 Std.								
Projektarbeit	75 Std.								
Vor- und Nachbereitung	30 Std.								
Empfohlene Einordnung	<p>Semester M1 oder M2</p>								
Empfohlene Literatur	<p>Ansys Inc. (Hrsg.), (aktuellste Auflage): ANSYS CFX-Solver Theory Guide; [o.Aufl.]; [o.O.]</p> <p>Laurin E; Oertel H.: Numerische Strömungsmechanik, Vieweg + Teubner Verlag</p> <p>Ferzinger J., Petric M: Computational methods for Fluid Dynamics, Springer-Verlag</p> <p>Wendt, J.F.: Computational Fluid Dynamics, Springer-Verlag</p> <p>Prandtl – Führer durch die Strömungslehre, Herausgeber: H. Oertel - Springer Verlag</p> <p>Lecheler S.: Numerische Strömungsberechnung, Vieweg + Teubner Verlag</p>								




	Griebel, M., Dornseifer, Th., Neunhoeffler, T.: Numerische Simulation in der Strömungstechnik, Vieweg +Teubner Verlag
--	---

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M435	<b>Water and wastewater treatment in circular economy</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rögner
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Rögner
Modulziele	<p>Die Studierenden können selbstständig die wichtigsten Aufbereitungsverfahren berechnen, mit denen sich Prozesse der Trink- und Brauchwasser auslegen und bewerten lassen. Sie wählen auf Basis der Leitparameter für Wasser und Abwasser sowie gesetzlicher Anforderungen die erforderlichen Apparatkombinationen für verschiedene umwelttechnische Probleme aus und dimensionieren diese, um energie- und ressourceneffiziente Prozesse für die Kreislaufwirtschaft zu entwickeln. Sie nutzen dabei Stoff- und Energiebilanzen sowie Stoffwerte und greifen auf gesetzliche Anforderungen zurück.</p> <p>Die Studierenden sind damit in der Lage, komplexe Probleme im Berufsleben – auch bei unvollständiger Datenbasis - zu analysieren und Lösungsansätze zu optimieren.</p> <p>Das Modul setzt zum Mitarbeiten und Bestehen aktive und passive Kenntnisse der englischen Sprache voraus.</p>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrieller Wasserkreislauf, Wasserstress, Wasserressourcenmanagement</li> <li>• Gesetzliche Regelungen: WHG, Trinkwasserverordnung, Abwasserverordnung, Direkt/Indirekteinleiter, EU Rahmenvorschriften und Anhänge, Analysenparameter</li> <li>• Sedimentation, Zentrifugation, Siebung, Filtration, Flockung</li> <li>• Biologische Verfahren</li> <li>• Ionenaustauschprozesses</li> <li>• Membranprozesse</li> <li>• Waterpinch-Methode</li> <li>• Beispiele für Branchenlösungen</li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	Seminaristischer Unterricht mit Impulsvorträgen, in dem aktivierende Lehrmethoden eingesetzt werden (z.B.

	<p>Erinnerungsabfragen / One Minute Paper / Audience Response Systems (PINGO) u.a.). Dies vermittelt einen Überblick über die Thematik und die Verknüpfung der einzelnen Teilgebiete der Wasser- und Abwassertechnik.</p> <p>Die Übertragung der abstrakten, theoretischen Zusammenhänge anhand von praxisorientierten Anwendungsbeispielen wird in wöchentlich stattfindenden Übungen angeboten. Die Übungen sind eng mit den Inhalten der Seminare verzahnt. Die Studierenden werden ermutigt, die Übungsaufgaben selbstständig zu lösen.</p> <p>Materialien zur Vor- und Nachbereitung (Vorlesungsmaterialien, Übungsaufgaben, wiss. Texte zu ausgewählten Themen, Filme, Auslegungssoftware) befinden sich online in ILIAS.</p>
Leistungsnachweis	Projektarbeit zu einer wassertechnischen Aufgabenstellung einschließlich Präsentation in englischer Sprache
Empfohlene Voraussetzungen	<p>Module</p> <p>„Thermische Verfahrenstechnik“, Semester B5</p> <p>„Feststoffverfahrenstechnik“, Semester B6</p> <p>„Fluidverfahrenstechnik und Mischphasenthermodynamik“</p>
Workload (30 Std./Credit)	<p>150 Std./5 Credits</p> <p>Seminar 60 Std.</p> <p>Vor- und Nachbereitung 90 Std.</p>
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2
Empfohlene Literatur	<p>Wilhelm, S.: Wasseraufbereitung, Springer (2008)</p> <p>Aquaprox (Hrsg.): Kühlwasserbehandlung, Springer (2007)</p> <p>American Water Works Association: Water Treatment, Principles and Practices of Water Supply Operations, Third Edition (2003)</p> <p>C. Binnie, M. Kimber: Basic water treatment, 4th edition, Thomas Telford Ltd., London 2009</p>

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M438	<b>Polymer engineering and recycling</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Modulziele	<p>Die Studierenden nennen und erläutern die chemischen und verfahrenstechnischen Besonderheiten von Prozessen zur Synthese, zur Weiterverarbeitung und zum Recycling von Polymeren. Die Studierenden analysieren Aspekte der Variabilität der verfügbaren Recyclingrohstoffe und leiten daraus die notwendigen prozesstechnischen Konsequenzen ab. Sie können fachspezifische Methoden zur Auslegung ausgewählter Apparate, wie Wärmeübertrager, Reaktoren und Trockner der Polymerverfahrenstechnik beschreiben und wenden diese bei der prozesstechnischen Auslegung an.</p> <p>Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch</p>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition, Geschichte, volkswirtschaftliche Bedeutung</li> <li>• Rohstoffquellen, Monomere, Produktpalette</li> <li>• Polymerchemie und Polymerisationsreaktionen</li> <li>• Polymerreaktionskinetik</li> <li>• Wärme- und Stofftransport</li> <li>• Polymeranalytik, Testverfahren, Qualitätskontrolle</li> <li>• Hilfsstoffe für die Herstellung und Verarbeitung</li> <li>• Polymersyntheseverfahren und Reaktoren für Kettenwachstumsreaktionen (PE, PP, PS, PVC)</li> <li>• Polymersyntheseverfahren und Reaktoren für Stufenwachstumsreaktionen (PA 6, PET, PC)</li> <li>• Polymerreaktionstechnik</li> <li>• Kunststoffverarbeitung</li> <li>• Kunststoffrecycling, werkstofflich und rohstofflich</li> <li>• Trocknung von Schüttgütern</li> </ul>
Lehrmethoden/-formen	Seminar, Übung, Projektarbeit
Leistungsnachweis	mündliche Prüfung, Bericht

Empfohlene Voraussetzungen	Module  Organische Chemie, Reaktionstechnik, Wärmeübertrager, Fluidverfahrenstechnik, Feststoffverfahrenstechnik, Numerische Mathematik
Workload  (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits  Vorlesung, Übung                      60 Std.  Vor- und Nachbereitung            90 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2
Empfohlene Literatur	<p>Bruice, P. Organic Chemistry. Person Education, 2013</p> <p>Bonnet, M.: Kunststofftechnik: Grundlagen, Verarbeitung, Werkstoffauswahl und Fallbeispiele. Springer-Vieweg, 2016</p> <p>Elias, H.-G.: Elias, H-G.: Macromolecules: Volume 2: Industrial Polymers and Syntheses. Wiley-VCH, 2006</p> <p>Hungenberg, K.D.; Wulkow, M. Modeling and Simulation in Polymer Reaction Engineering: A Modular Approach. Wiley-VCH, 2018</p> <p>Francis, R.: Recycling of Polymers: Methods, Characterization and Applications, Wiley-VCH, 2016</p> <p>van't Land, C.M.: Drying in the Process Industry. Wiley, 2012</p> <p>Kletz, T.: What Went Wrong? Case Histories of Plant Disasters. Butterworth-Heinemann. 2019</p> <p>Rieckmann, Th.; Völker, S.: PET Polymerization - Catalysis, Reaction Mechanisms, Kinetics, Mass Transport and Reactor Design, in: Modern Polyesters, J. Sheirs and T.E. Long (Eds.), John Wiley &amp; Sons, 2003</p> <p>Rieckmann, Th.: "Roter Faden" Modul PER, TH Köln</p>

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M441	<b>Gas treatment, purification and storage technology</b>
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Schubert
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Schubert
Modulziele	<p>Die Studierenden beschreiben und entwickeln die Basis für Verfahren und Apparate zur Gasreinigung und Gasaufbereitung. Sie analysieren deren verfahrenstechnischen Charakteristika und treffen eine sinnvolle und begründete Auswahl für verschiedene Problemstellungen und Anwendungsfälle. Darüber hinaus können sie kreativ auch fallspezifisch Lösungen adaptieren und fortentwickeln.</p> <p>Sie können Verfahren und Apparate zur Gasreinigung bilanzieren, verfahrenstechnisch dimensionieren und Betriebsdaten einordnen, sowie die Verfahren unter Gesichtspunkten des Schließens von Stoffkreisläufen und der Nachhaltigkeit bewerten.</p>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abscheidemechanismen</li> <li>• Partikelabscheidung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sieb-, Kuchen- und Tiefenfiltration</li> <li>- Zyklonabscheider und Zentrifugen</li> <li>- Elektroabscheider</li> </ul> </li> <li>• Gasaufbereitung zum Schließen von Stoffkreisläufen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Absorption (Wäscher) und Adsorption</li> <li>- Katalytische Gasaufbereitung</li> <li>- Stofftrennung durch selektive Membranen</li> </ul> </li> <li>• Technische Anwendungen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufbereitung nicht-fossiler Gase: Biogas, Pyrolysegase</li> <li>- Rauchgase, Feinstäube, Lösemittelrückgewinnung</li> <li>- Vermeidung von Staubentstehung</li> </ul> </li> <li>• Technologiebewertung unter ökonomischen und ökologischen Kriterien</li> </ul>

Lehrmethoden/-formen	Seminar, Übung (integriert)
Leistungsnachweis	mündliche Prüfung
Empfohlene Voraussetzungen	Module  Grundlagen der Mechanischen Verfahrenstechnik und der Thermischen Verfahrenstechnik sowie der Chemie und Thermodynamik
Workload  (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits  Seminar, Übung                      60 Std.  Vor- und Nachbereitung            90 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2
Empfohlene Literatur	Thematische Fachartikel, u.a. Zeitschrift "Chemie, Ingenieur, Technik", „Schriftenreihe Umweltingenieurwesen“