

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**

Semester	M-Nummer	Modulbezeichnung	Credits
WiSe			
	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
		Gesamt	30
SoSe			
	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
		Gesamt	30
M3			
SoSe, WiSe	409	Masterarbeit und Kolloquium	28 + 2
		Gesamt	30
		Credits 1. - 3. Semester gesamt	90

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;"> Höhere Mathematik 5 Credits </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Fluidverfahrenstechnik und Mischphasenthermodynamik 5 Credits </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Ingenieurwissenschaftliches Arbeiten 5 Credits </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Projektmanagement und Teams 5 Credits </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Wahlpflichtmodul 1 5 Credits </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Wahlpflichtmodul 2 5 Credits </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Process Engineering Conferences 5 Credits </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Prozessintegration 5 Credits </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Masterprojekt 10 Credits </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Wahlpflichtmodul 3 5 Credits </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Wahlpflichtmodul 4 5 Credits </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 20px; min-height: 200px;"> Masterarbeit und Kolloquium 28 + 2 Credits </div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> Credits gesamt 30 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> Credits gesamt 30 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> Credits gesamt 30 </div>

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M401	Höhere Mathematik
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"> • Programmierung mit MATLAB • Fourier- und Laplace-Transformation • Konvergenz, Fehlerkontrolle und numerische Dispersion • Integrale von Funktionen einer und mehrerer Variablen • Interpolation • Numerische Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungssysteme • Numerische Steifigkeit • Numerische Lösung partieller Differentialgleichungssysteme mittels finiter Differenzen speziell am Beispiel der Wärmeleitungsgleichung und der Navier-Stokes-Gleichung • Optimierung <ul style="list-style-type: none"> - Hill-Climbing - Lineare und nicht-lineare Regression - Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen - Monte-Carlo Simulation
Lehrmethoden/-formen	Vorlesung, Übung

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M410	Ingenieurwissenschaftliches Arbeiten
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"> • Informationsbeschaffung Literaturrecherche, Patentdatenbanken, Normen und Regelwerke, Stoffwerte • Wissenschaftliche Methodik Hypothese und Theorie, Modellierung und Modelle, Prädiktion und experimentelle Validierung • Ingenieur und Gesellschaft Kommunikation, Ethisches Handeln, Lebenszyklusanalyse (LCA), Technologiefolgeabschätzung • Strukturiertes ingenieurwissenschaftliches Arbeiten Zeit- und Ressourcenplanung • Experimentelles Arbeiten Parameterauswahl und Versuchsplanung, Design of Experiments (DOE), Reproduzierbarkeit, Sensitivitätsanalyse • Datenauswertung Erfassung, Interpretation und Verifizierung von Daten

	<p>aus Produktion und Projektabwicklung, Plausibilität, Bilanzierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wissenschaftliche Dokumentation Zitation, Plagiate, Abstract, Poster, Paper, Laborbuch, Sprache, Schreibstil, Gewohnheiten (DE, EN) • Rhetorik und Gesprächsführung Vortragsplanung, Zielgruppen • Schutzrechte Patente - neu, nützlich und nicht offensichtlich, Urheberrecht, Geschmacksmuster und Marken, Arbeitnehmererfindungsrecht, Erfindungsmeldung 				
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"> • Kleppmann, W.: Taschenbuch Versuchsplanung. Produkte und Prozesse optimieren. Hanser Fachbuchverlag (2006) • Jischa, M. J.: Herausforderung Zukunft: Technischer Fortschritt und Globalisierung, Elsevier (2005) 				

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M411	Projektmanagement und Teams
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"> • Einführung Projektmanagement <ul style="list-style-type: none"> - Normen und Standards - Definition Projekt - Anforderung an Projektleiter - Projektarten - Stakeholder • Von der Akquisition zum Vertrag <ul style="list-style-type: none"> - Auftragsakquisition - Ausschreibung - Angebotsbearbeitung - Vertragsverhandlung, Vertrag • Projektphasen und Projektinhalte <ul style="list-style-type: none"> - Vorplanung - Basisplanung - Ausführungsplanung - Beschaffung - Bau und Montage - Inbetriebnahme • Projektorganisation <ul style="list-style-type: none"> - Projektorganisation vs. Linienorganisation

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

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M403	Fluidverfahrenstechnik und Mischphasenthermodynamik
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"> • Vertiefte Grundlagen der Mischphasenthermodynamik von idealen und realen Systemen • Berechnung von Stoffdaten Mischungen und Phasengleichgewichten • Bilanzierung von Material und Enthalpie • Verfahrenstechnische Dimensionierung von Rektifikationskolonnen zur Trennung von nicht-idealen Mehrkomponentensystemen • Extraktion mit überkritischen Medien • Spezielle Membranprozesse • Anwendung der Prinzipien der Mischphasenthermodynamik in der Prozessintensivierung
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 data-bbox="536 264 1423 483"> <tr> <td>Seminar</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Übung</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>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 data-bbox="536 584 1423 927" style="list-style-type: none"> • Stephan, P., et al.: Thermodynamik. Grundlagen und technische Anwendungen. Band 2: Mehrstoffsysteme und chemische Reaktionen, Springer (2010) • Pfennig, A.: Thermodynamik der Gemische, Springer (2003) • J.M. Prausnitz, R.N. Lichtenthaler, E. Gomez de Azevedo: Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria. Prentice-Hall (1986) 						

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M406	Prozessintegration
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"> • Systematische Prozessanalyse • Systematische Prozesssynthese • Bilanzierung integrierter Grundoperationen • Nicht-konventioneller Energieeintrag, z.B.: Ultraschall, Infrarot, Mikrowelle, UV, Laser • Integration von Wärmeübertragung und chemischen Reaktionen <ul style="list-style-type: none"> - autotherme Reaktionen - Verdampfungskühlung • Integration von Trennprozessen und chemischen Reaktionen, z.B. <ul style="list-style-type: none"> - Reaktivrektifikation - Reaktivabsorption - Reaktivextraktion - Reaktivkristallisation

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

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M407	Process Engineering Conference
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"> • Paper • Poster • Oral Presentation <p>Die Studierenden halten einen Vortrag in englischer Sprache und führen Diskussionen zu Fachvorträgen.</p>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Recherche • Verfassen einer Zusammenfassung (<i>extended abstract</i>) • Verfassen eines wissenschaftlichen Artikels (<i>paper</i>) • Erstellen eines wissenschaftlichen Posters (<i>poster presentation</i>) • wissenschaftlicher Vortrag (<i>oral presentation</i>)
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)	<p>150 Std./5 Credits</p> <p>Seminar und Konferenz 40 Std.</p> <p>Vor- und Nachbereitung 110 Std</p> <p>Betreuungsaufwand 3 SWS + 1,5 SWS (techn. Englisch)</p>
Empfohlene Einordnung	Semester M2
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Ebel, H.F.; Bliefert, C.; Kellersohn, A.: Erfolgreich Kommunizieren, Wiley-VCH, Weinheim (2000) • Alley, M.: The Craft of Scientific Presentations. Springer (1996, 2018) • Alley, M.: The Craft of Scientific Writing. Springer (1996, 2018)

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M404	Masterprojekt
Credits	10
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 planen und bearbeiten selbstständig in vorgegebener Frist eine einschlägige, gestellte ingenieurwissenschaftliche Aufgabe. Sie dokumentieren die Ergebnisse klar und verständlich im Rahmen etablierter wissenschaftlicher Gepflogenheiten.
Modulinhalte	Die Masterprojekte bestehen aus der eigenständigen Bearbeitung einer einschlägigen ingenieurwissenschaftlichen Aufgabe aus dem Gebiet der Verfahrenstechnik und der schriftlichen Darstellung der herangezogenen wissenschaftlichen Methoden und Ergebnisse. Die Masterprojekte umfassen theoretische und experimentelle Aspekte der aktuellen Forschungsaktivitäten der am Institut für Anlagen- und Verfahrenstechnik (IAV) aktiven Arbeitsgruppen. Die Studierenden sind damit ein tragender Teil der angewandten Forschung und Entwicklung und direkt in die Arbeiten eingebunden.
Lehrmethoden/-formen	Individuelle Projektarbeit, durch Professoren begleitet
Leistungsnachweis	Schriftlicher Projektbericht
Empfohlene Voraussetzungen	Module: „Ingenieurwissenschaftliches Arbeiten“, „Numerische Lösungsverfahren“
Workload (30 Std./Credit)	300 Std./10 Credits Eigenarbeit 300 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M2

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="544 194 1415 280">• Ebel, H.F.; Bliefert, C.; Kellersohn, A.: Erfolgreich Kommunizieren, Wiley-VCH, Weinheim (2000)<li data-bbox="544 297 1415 383">• Perry, R., H.; Green, D. W.: Perry's Chemical Engineer's Handbook, McGraw-Hill (2007)
----------------------	---

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M409	Masterarbeit und Kolloquium
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"> • 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. • Die Masterarbeit umfasst Aspekte der aktuellen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der am IAV aktiven Arbeitsgruppen. • Die Studierenden sind damit ein tragender Teil der angewandten Forschung und Entwicklung und direkt in die Arbeiten eingebunden.
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 www.scopus.com

Wahlpflichtmodule

Modulnr.	Modulbezeichnung	Kürzel	Dozent	Verantwortlicher	WiSe	SoSe
9M432	Prozessentwicklung	PRE	Prof. Dr.-Ing. Rögner	Prof. Dr.-Ing. Rögner	-	X
9M433	Energieintegration	EIG	Prof. Dr.-Ing. Richter	Prof. Dr.-Ing. Richter	-	X
9M434	Entwicklung verfahrenstechnischer Produkte	EVP	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	-	X
9M436	Technologie kleiner Partikeln	TKP	Prof. Dr.-Ing. Schubert	Prof. Dr.-Ing. Schubert	-	X
9M437	Lebensmitteltechnik	LMT	Dr. Emde	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	X	-
9M438	Maßstabsvergrößerung	MAV	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	X	-
9M439	Anlagen- und Arbeitssicherheit	AAS	Prof. Dr.-Ing. Schubert, Prof. Dr.- Ing. Rögner	Prof. Dr.-Ing. Rögner	X	-
9M440	Wahlprojekt	WP5	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann	X	-

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M432	Prozessentwicklung
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"> • Projektorganisation <ul style="list-style-type: none"> - Literatur-, Patent- und Marktstudie - Stage-gate-Modell für Prozessinnovationen - Projekthandbuch - Simultaneous Engineering • Projektdokumentation • Prozessdesign <ul style="list-style-type: none"> - strukturierte Methoden - heuristische Regeln - Prozessvarianten und Bewertung - Optimierung - Anwendung • Prozessanalyse • Maßstabsvergrößerung <ul style="list-style-type: none"> - Methoden - Anwendung

	<ul style="list-style-type: none"> • Physikalische Modelle und mathematisch Modellierung • Softwarewerkzeuge • Analyse der Gefahren und Risiken von Prozessen (CHAIR, PAAG, HAZOP) • Qualitätssicherung von Prozessen (Lean SixSigma) • Ökonomische Analyse • Ökologische Analyse und Life Cycle Assessment • Statistische Versuchsplanung: Design of Experiments, DOE • Entwicklung eines verfahrenstechnischen Prozesses im Projektteam
Lehrmethoden/-formen	Seminar mit PC-Übungen und Projektarbeit Gruppenarbeiten Präsentationen der Studierenden zu ausgewählten Themen
Leistungsnachweis	Hausarbeit, Präsentation, Poster der Arbeitsergebnisse
Empfohlene Voraussetzungen	Verfahrenstechnische Grundlagenmodule, besonders Thermische und Mechanische Verfahrenstechnik sowie Apparatebau und Wärmeübertrager
Workload (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits Seminar mit PC-Übungen 60 Std. Vor- und Nachbereitung inkl. Projektarbeit 90 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Vogel, G. H.: Process Development. Wiley-VCH (2005) • Mizrahi, J.: Developing an Industrial Chemical Process. CRC Press (2002) • Tatterson, G. B.: Process Scaleup and Design. Greensboro (2002) • Kletz, T.: What Went Wrong? Case Histories of Plant Disasters. Gulf Professional Publishing (1999) • IVSS: Gefahrenermittlung, Gefahrenbewertung ISSA Prevention Series No. 2027 (G) ISBN 92-843-7122-8 (1997) • Peters, M. S.; Timmerhaus, K. D.; West, R. E.: Plant Design and Economics for Chemical Engineers. McGraw-Hill (2003)

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• Perry, R. H.; Green, D. W.: Perry's Chemical Engineer's Handbook. McGraw-Hill (2007) |
|--|--|

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M433	Energieintegration
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Richter
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Richter
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"> • Abwärmenutzung <ul style="list-style-type: none"> - Rekuperative und regenerative Wärmeübertrager - Kraft-Wärme-Kopplung - Wärmepumpen - Kälteanlagen - Stromerzeugung aus Abwärme (Organic-Rankine-Prozess, Kalina-Prozess, Stirling-Motoren, Thermoelektrik) - Wärmenetze • Systemanalytische Methoden <ul style="list-style-type: none"> - Systemanalytische Betrachtungsweise bei der Energieintegration - Exergetische Analyse - Pinch-Analyse - Optimierung von Wärmeübertragernetzwerken mittels Pinch-Analyse • Energiespeicher <ul style="list-style-type: none"> - Speicherung von Energieträgern (gasförmig, flüssig, fest) - Speicherung thermischer Energie (fühlbar, latent, thermochemisch) - Speicherung chemischer Energie (chemische Wasserstoffspeicher, elektrochemisch) - Speicherung mechanischer (kinetischer) Energie

	<ul style="list-style-type: none"> - Speicherung mechanischer (potentieller) Energie - Speicherung elektrischer Energie - Power to X
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"> • Pehnt, M. (Hrsg): Energieeffizienz, Springer (2010) • Zahoransky, R. (Hrsg): Energietechnik, Vieweg-Teubner (2009) • Douglas, J.: Conceptual design of Chemical Processes , Mc-Graw-Hill (1988) • Rummich, E.: Energiespeicher, Expert-Verlag (2009) • Kemp, I.C.: Pinch Analysis and Process Integration (2007) • Morand, R.; et al.: Prozessintegration mit der Pinch Analyse, Handbuch zum BFE Einführungskurs, Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm für Verfahrenstechnische Prozesse (2006)

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M434	Entwicklung verfahrenstechnischer Produkte
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Modulziele	Die Studierenden nennen und beschreiben Methoden zur Entwicklung verfahrenstechnischer Produkte. Sie wenden die einschlägigen Methoden und Werkzeuge an und beurteilen die Stärken und Begrenzungen der Methoden und Werkzeuge. Die Studierenden erläutern, wie man sich in ein Produktentwicklungsteam integriert und arbeiten in einem Produktentwicklungsteam effizient mit.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung - Produkte, Prozesse und Anlagen • Produktentwicklung vs. Prozessentwicklung • Produkthanforderungen <ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung der Kundenanforderungen - Wege zu neuen Ideen - Bewertung von Ideen - Planung und Auswertung von Experimenten • Ermittlung der Produktionskosten <ul style="list-style-type: none"> - variable Kosten - fixe Kosten • Produktauswahl <ul style="list-style-type: none"> - Auswahl auf Basis thermodynamischer Kriterien - Auswahl auf Basis kinetischer Kriterien - weniger objektive Auswahlkriterien, Auswahlmatrices • Sensitivitätsanalyse und Risikoanalyse • Verarbeitung zum Endprodukt, Produktformulierung • Beispielprojekte Produktentwicklung <ul style="list-style-type: none"> - Kunststoffprodukte, z.B. PLA-Flasche - Lebensmittelprodukte, z.B. Instant Alkopop - Haushaltschemikalien, z.B. Fußbodenreiniger - Körperpflegemittel, z.B. Shampoo

	- Agrochemikalien, z.B. Pflanzenschutzmittel, Coating
Lehrmethoden/-formen	Seminar, Projektarbeit und eigenständige Laborarbeit
Leistungsnachweis	Mündliche Prüfung Bericht
Empfohlene Voraussetzungen	keine
Workload (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits Seminar 60 Std. Vor- und Nachbereitung inkl. Projekt- und Laborarbeit 90 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Cussler, E.L.; Moggridge, G.D.: Chemical Product Design, Cambridge University Press (2001) • Bröckel, U.; Meier, W.; Wagner, G.: Product Design and Engineering: Best Practices, Wiley-VCH (2007) • Rähse, W.: Produktdesign in der chemischen Industrie, Springer (2007) • Ulrich, K.; Eppinger, S.: Product Design and Development, McGraw-Hill (2003) • Coulson, J. M.; Richardson, J. F.: Chemical Engineering, Vol. 1, 2 & 3, Elsevier (2004)

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M436	Technologie kleiner Partikeln
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, μm , nm.
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Analysetechniken <ul style="list-style-type: none"> - Partikelgrößenverteilung (auch Agglomerate und Aggregate) - spezifische Oberfläche - Porengröße und Porengrößenverteilung • Grenzflächenprozesse, Adsorption und Desorption an Feststoffoberflächen • Herstellverfahren für Partikeln $< 1 \mu\text{m}$ <ul style="list-style-type: none"> - Sprühtrocknen - Gefriertrocknen - Mahlen - Abscheiden - Kristallisation - Schmelzkristallisation - Sol-Gel-Verfahren und Coating • Dispergieren in niedrig- und hochviskosen Fluiden • Produkte mit spezifischen Funktionen <ul style="list-style-type: none"> - Suspensionsstabilität

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M437	Lebensmitteltechnik
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"> • spezielle Grundlagen der Lebensmitteltechnik • Prozesstechnik in der Lebensmittelproduktion • Bilanzierung und Modellierung von Prozessen zur Produktion von Lebensmitteln • Apparate- und Anlagendesign in der industriellen Praxis • Wirtschaftlichkeitsaspekte bei der Prozess- und Anlagenplanung • Auslegung von Misch- und Rührapparaten • hygienegerechte Gestaltung von Produktionsanlagen • Fermentationsprozesse zur Produktion oder Umwandlung von Lebensmitteln oder Lebensmittelinhaltsstoffen • Prozesse in der Öl- und Fettverarbeitung • Technik und Verfahren in der Getränketechnologie • Technologien und Rohstoffe für Bioraffineriekonzepte unter Berücksichtigung der Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion • innovatives Wasser- und Abwassermanagement in der Lebensmittelindustrie • Projektarbeit (Einführung, Bearbeitung, Vortrag)

	<ul style="list-style-type: none"> • Exkursion (Vorbereitung, Firmenbesuch, Bericht)
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"> • Holzapfel W.: Mikrobiologie der Lebensmittel. Lebensmittel pflanzlicher Herkunft. Behr's Verlag, Hamburg, 2007 • Yanniotis S.: Solving Problems in Food Engineering. Springer, New York, 2008 • Schuchmann H.P., Schuchmann H.: Lebensmittelverfahrenstechnik, Wiley-VCH, Weinheim 2005 • Hauser G.: Hygienische Produktion Band 1 und 2, Wiley-VCH, Weinheim, 2008

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M438	Maßstabsvergrößerung
Credits	5
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Rieckmann
Modulziele	<p>Die Studierenden verfügen über die Kompetenz zur Maßstabsvergrößerung verfahrenstechnischer 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. Die Studierenden analysieren und entwickeln ausgewählte stationäre und instationäre verfahrenstechnische Prozessmodelle. Sie handhaben ein kommerzielles Simulationswerkzeug (CHEMCAD), interpretieren und modifizieren einen vorhandenen Quellcode (Matlab) und erstellen selbstständig einen strukturierten und kommentierten Quellcode. Die Studierenden beurteilen die Stärken und Schwächen der Maßstabsvergrößerung auf Basis unterschiedlicher Methoden.</p>
Modulinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Kontext Prozessentwicklung und Maßstabsvergrößerung • Literaturempfehlung • Grundlagen der Ähnlichkeitstheorie, Buckingham-PI-Theorem • Erstellen und Qualität der Relevanzliste • Dimensionsanalyse anhand ausgewählter Beispiele • Entwicklung dimensionsloser Kennzahlen und Lösung linearer Gleichungssysteme nach verschiedenen Methoden • Druckverlust in Rohrleitungen - Euler-Zahl • Instationäre Wärmeübertragung - Fourier-Zahl • Wärmeübergang - Nußelt-Zahl, Prandtl-Zahl • Stoffübergang - Sherwood-Zahl, Schmidt-Zahl • Benetzte volumenbezogene Oberfläche von Füllkörpern und Gas Hold-up in Blasensäulen • Mischzeit und Rührerleistung - Newton-Zahl

	<ul style="list-style-type: none"> • Ähnlichkeitstheorie in der Reaktionstechnik - Damköhler-Zahlen, Lewis-Zahl, adiabate Temperaturerhöhung, Thiele-Modul und Verstärkungsfaktor E • Vollständige und partielle Ähnlichkeit • Konzept der geometrischen Ähnlichkeit bei der Maßstabsvergrößerung - „job“ und „worker“ • Geometrische Ähnlichkeit als Ursache für das Scheitern einer Maßstabsvergrößerung • Sensitivitätsanalyse mit Hilfe einer Monte-Carlo-Methode • Typische Fehler bei der ähnlichkeittheoretischen Analyse und Nutzung dimensionsloser Kennzahlen • Modellbildung in der Verfahrenstechnik • instationäre Prozesssimulation (Matlab) • Formulierung dimensionsloser Bilanzgleichungen <ul style="list-style-type: none"> - Arbeitstechniken - dimensionslose Kenngrößen • Modellbildung und Simulation instationärer Prozesse an ausgewählten Beispielen: <ul style="list-style-type: none"> - Rührkesselreaktor, Reaktorkaskade, Rohrreaktor - Rektifikation eines Zweistoffgemischs - Extraktionskolonne mit Rückvermischung und Regelung - Anfahren eines Doppelrohrwärmeaustauschers - Trocknung eines Feststoffs - Membran zur Gastrennung
Lehrmethoden/-formen	Seminar, Übung, Projekt
Leistungsnachweis	Mündliche Prüfung, Bericht
Empfohlene Voraussetzungen	Modul „Numerische Lösungsverfahren“
Workload (30 Std./Credit)	150 Std./5 Credits Seminar, Übung 60 Std. Vor- und Nachbereitung inkl. Projektarbeit 90 Std.
Empfohlene Einordnung	Semester M1 oder M2

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Zlokarnik, M.: Scale-up in Chemical Engineering, Wiley-VCH (2006)• Tatterson, G. B.: Process Scale-up and Design, Greensboro (2002)• Vogel, G. H.: Process Development Wiley-VCH (2005)• Perry, R. H.; Green, D. W.: Perry's Chemical Engineer's Handbook, McGraw-Hill (2007)• Ingham, J.; Dunn, I.J.; Heinzle, E.; Prenosil, J.E.: Chemical Engineering Dynamics, Wiley-VCH (2002)
----------------------	---

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M439	Anlagen- und Arbeitssicherheit
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"> • Grundlagen Grundbegriffe der Anlagen- und Arbeitssicherheit, Persönliche Schutzausrüstung, Sicherheitsdatenblätter Rechtliche Grundlagen zur Anlagen- und Arbeitssicherheit; Gefahrstoffe, UVV; REACH, Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), • 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) • Maßnahmen und Konzepte

	<ul style="list-style-type: none"> • 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 • 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
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"> • Hauptmanns, U.: Prozess- und Anlagensicherheit, Springer, (2013) • Hattwig, M.; Stehen, H.: Handbook of Explosion Prevention and Protection, Wiley (2008) • Rothe, C.: Arbeitsschutz von A – Z, Haufe-Lexware (2009)

Modulnummer	Modulbezeichnung
9M440	Wahlprojekt
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"> • Ebel, H.F.; Bliefert, C.; Kellersohn, A.: Erfolgreich Kommunizieren, Wiley-VCH (2000) • Perry, R., H.; Green, D. W.: Perry's Chemical Engineer's Handbook, McGraw-Hill (2007)