

Modulhandbuch
für den Master-Studiengang
Chemieingenieurwesen
der Universität Paderborn

Dieses Modulhandbuch bezieht sich auf die Prüfungsordnung V2 des Master-Studiengangs Maschinenbau mit der Nummer 44/11 vom 14. September 2011.

Inhaltsverzeichnis

1	STUDIENAUFBAU FÜR DEN MASTERSTUDIENGANG CHEMIEINGENIEURWESEN AN DER UNIVERSITÄT PADERBORN	1
2	STUDIENVERLAUFSPLAN UND LEISTUNGSPUNKTESYSTEM FÜR DEN MASTERSTUDIENGANG CHEMIEINGENIEURWESEN AN DER UNIVERSITÄT PADERBORN	2
3	ÜBERSICHT WAHLPFLICHTMODULE	4
4	PFLICHTMODULE	8
4.1	PFLICHTMODUL 1: NUMERIK UND INFORMATIK	8
4.2	PFLICHTMODUL 2: BIOLOGISCHE UND KOLLOIDALE SYSTEME.....	9
4.3	PFLICHTMODUL 3: UNIT OPERATIONS	10
5	WAHLPFLICHTMODULE	12
5.1	NANOTECHNOLOGIE 1: PARTIKEL.....	12
5.2	NANOTECHNOLOGIE 2: MATERIALIEN & PRODUKTE	15
5.3	ENERGIETECHNIK	18
5.4	VERFAHRENSTECHNIK 1: MODELLIERUNG UND SIMULATION	21
5.5	VERFAHRENSTECHNIK 2: APPARATE.....	24
5.6	VERFAHRENSTECHNIK 3: PROZESSE	27
5.7	KUNSTSTOFFTECHNIK 1: VERFAHREN	30
5.8	KUNSTSTOFFTECHNIK 2: MATERIALIEN.....	33
5.9	MAKROMOLEKULARE UND TECHNISCHE CHEMIE	36
6	PROJEKTARBEIT	38
7	STUDIENARBEIT	39
8	MASTERARBEIT	40

1 Studienaufbau für den Masterstudiengang *Chemieingenieurwesen* an der Universität Paderborn

Semester	10	Masterarbeit 25 LP (22+3)			
	9	3 Pflichtmodule 28 LP (2x8; 1x12)	3 Wahlpflichtmodule 36 LP (3x12)	Studium Generale 12 LP	Studienarbeit 15 LP
	8			Projektarbeit 4LP	
	7				

Folgende Veranstaltungsformen werden angeboten:

Vorlesung: Die Vorlesung dient der Einführung in das Fach und der systematischen Wissensvermittlung in Form von Vorträgen.

Übung: In der Übung wird der Stoff eines Faches anhand von Beispielen vertieft, erläutert und von den Studierenden selbstständig geübt.

Seminar: In einem Seminar wird ein Teilgebiet eines Faches oder mehrerer Fächer von Studierenden und Lehrenden gemeinsam erarbeitet, erweitert und vertieft.

Praktikum: dient zur Vertiefung der vermittelten Kenntnisse durch Experimente.

Legende:

EPL: endnotenrelevante Prüfungsleistung

PL: nicht endnotenrelevante Prüfungsleistung

LP: Leistungspunkte bzw. Credits gemäß ECTS, 1 LP entspricht einem Arbeitsaufwand von 30 h

2 Studienverlaufsplan und Leistungspunktesystem für den Masterstudiengang *Chemieingenieurwesen* an der Universität Paderborn

Pflichtmodul 1: Numerik und Informatik	Art	Leistungspunkte
Mathematik 4 für Maschinenbau (Numerische Methoden)	EPL	4
Technische Informatik für Ingenieure	PL	4

Pflichtmodul 2: Biologische und Kolloidale Systeme	Art	Leistungspunkte
Grundlagen der biologischen Verfahrenstechnik	EPL	4
Kolloide und Grenzflächen	EPL	4

Pflichtmodul 3: Unit Operations	Art	Leistungspunkte
Thermische Verfahrenstechnik II	EPL	4
Mechanische Verfahrenstechnik II	EPL	4
Chemische Verfahrenstechnik II	EPL	4

Aus der Liste der folgenden Wahlpflichtmodule sind drei Wahlpflichtmodul mit einem Umfang von jeweils 12 Leistungspunkten zu wählen:

Wahlpflichtmodule	Art	Leistungspunkte
Verfahrenstechnik 1: Modellierung & Simulation	EPL	12
Verfahrenstechnik 2: Apparate	EPL	12
Verfahrenstechnik 3: Prozesse	EPL	12
Nanotechnologie 1: Partikel	EPL	12
Nanotechnologie 2: Materialien & Produkte	EPL	12
Kunststofftechnik 1: Verfahren	EPL	12
Kunststofftechnik 2: Materialien	EPL	12
Makromolekulare und technische Chemie ¹	EPL	12
Energietechnik	EPL	12

Es besteht die Möglichkeit, eine Vertiefungsrichtung zu wählen. Um eine solche Vertiefungsrichtung zu belegen, müssen die drei zu wählenden Wahlpflichtmodule eine der folgenden Kombinationen aufweisen:

Vertiefungsrichtungen
Nanotechnologie Kombination: Nanotechnologie 1, Nanotechnologie 2, <i>eines</i> der Module Verfahrenstechnik 1, 2 oder 3
Polymertechnologie Kombination: Kunststofftechnik 1, Kunststofftechnik 2, Makromolekulare und technische Chemie
Verfahrenstechnik Kombination: Verfahrenstechnik 1, Verfahrenstechnik 2, Verfahrenstechnik 3

Studium Generale	Art	Leistungspunkte
Aus dem Lehrangebot der Universität Paderborn	PL	12

¹ Das Modul 'Makromolekulare und Technische Chemie' stellt hier eine Ausnahme dar. Diesem Modul sind nur Lehrveranstaltungen mit 3 Leistungspunkten zugeordnet. Daher müssen neben der Pflichtveranstaltung nicht 2 sondern 3 weitere Lehrveranstaltung ausgewählt werden, um das Modul zu vervollständigen.

Prüfungsleistung	Art	Leistungspunkte
Projektarbeit	PL	4
Schriftlicher Teil der Studienarbeit	EPL	12
Präsentation ² zur Studienarbeit	EPL	3
Schriftlicher Teil der Masterarbeit	EPL	22
Kolloquium ³ zur Masterarbeit	EPL	3

Summe:

120 Leistungspunkte

² Beinhaltet sowohl Vorbereitungs- als auch Präsentationszeit

³ Beinhaltet sowohl Vorbereitungs- als auch Präsentationszeit

3 Übersicht Wahlpflichtmodule

Aus den folgenden 9 Wahlpflichtmodulen sind im Rahmen des Masterstudiums drei auszuwählen. Die Wahlpflichtmodule bestehen aus maximal 8 Lehrveranstaltungen mit jeweils 4 Leistungspunkten. Die Lehrveranstaltung, die unter der Nummer 1. aufgelistet ist und außerdem blau markiert ist, ist für dieses Modul eine Pflichtveranstaltung. Aus den weiteren Lehrveranstaltungen die diesem Modul zugeordnet sind (also unter den Nummern 2. bis maximal 8. aufgelistet) sind wiederum zwei Lehrveranstaltungen auszuwählen. Damit ist das gewählte Modul mit insgesamt jew. 12 Leistungspunkten komplettiert. Das Modul 'Makromolekulare und Technische Chemie' stellt hier eine Ausnahme dar. Diesem Modul sind nur Lehrveranstaltungen mit 3 Leistungspunkten zugeordnet. Daher müssen neben der Pflichtveranstaltung nicht 2 sondern 3 weitere Lehrveranstaltung ausgewählt werden, um das Modul zu vervollständigen.

Modulname:		Nanotechnologie 1: Partikel			
Modulverantwortlicher:		Schmid			
Nr.	Veranstaltungsname	Dozent	Typ (z.B. V2+Ü1)	Semester (WS/SS)	Leistungspunkte
1.	Partikelsynthese	Schmid	V2+Ü1	SS	4 LP
2.	Grundlagen der Quantenmechanik	Kitzerow	V2+Ü1	WS	4 LP
3.	Vertiefende Themen der Physikalischen Chemie	Schmidt	V2+P1	WS	4 LP
4.	Molekulare Thermodynamik	Vrabec	V2+Ü1	WS	4 LP
5.	Lacksysteme I	Bremser, Samusch	V2+Ü1	WS	4 LP
6.	Angewandte Nanotechnologie	N.N. (Schmid)	V2+Ü1	SS	4 LP
7.	Produktanalyse	Schmid	V2+Ü1	SS	4 LP
8.	Grundlagen der Nanotechnologie	Schmid, Meier	V2+Ü1	SS	4 LP

Modulname:		Nanotechnologie 2: Materialien & Produkte			
Modulverantwortlicher:		Schmid			
Nr.	Veranstaltungsname	Dozent	Typ (z.B. V2+Ü1)	Semester (WS/SS)	Leistungspunkte
1.	Komplexe Materialien	Bremser	V2+Ü1	0	4 LP
2.	Materialsimulation	Mahnken	V2+Ü1	SS	4 LP
3.	Charakterisierung komplexer Materialien	Grundmeier, Hiltrop	V2+Ü1	WS	4 LP
4.	Prozessmodellierung und -simulation	Kenig, Schmid, Warn-ecke, Hungenberg (Warnecke)	V1+Ü3	WS	4 LP
5.	Partikelsynthese	Schmid	V2+Ü1	SS	4 LP
6.	Angewandte Nanotechnologie	N.N. (Schmid)	V2+Ü1	SS	4 LP
7.	Experimentelle Methoden der Werkstoffkunde	Maier	V2+Ü1	WS	4 LP
8.	Statistische Methoden der Verfahrenstechnik	Schmid	V2+Ü1	WS	4 LP

Modulname:		Energietechnik			
Modulverantwortlicher:		Vrabec			
Nr.	Veranstaltungsname	Dozent	Typ (z.B. V2+Ü1)	Semester (WS/SS)	Leistungspunkte
1.	Kältetechnik und Wärmepumpentechnik	Herres (Vrabec)	V2+Ü1	WS	4 LP
2.	Verdampfung und Kondensation	Ustinov (Kenig)	V2+Ü1	WS	4 LP
3.	Kraft- und Arbeitsmaschinen	Herres (Vrabec)	V2+Ü1	SS	4 LP
4.	Energieeffiziente Wärmeübertragungsmethoden	Herres (Vrabec)	V2+Ü1	SS	4 LP
5.	Rationelle Energienutzung	Vrabec	V2+Ü1	SS	4 LP
6.	Anlagentechnik	Numrich (Kenig)	V2+Ü1	WS	4 LP
7.	Prozessmodellierung und -simulation	Kenig, Schmid, Warn-ecke, Hungenberg (Warnecke)	V1+Ü3	WS	4 LP
8.	Mehrphasenströmung	Schmid	V2+Ü1	SS	4 LP

Modulname:		Verfahrenstechnik 1: Modellierung und Simulation			
Modulverantwortlicher:		Kenig			
Nr.	Veranstaltungsname	Dozent	Typ (z.B. V2+Ü1)	Semester (WS/SS)	Leistungspunkte
1.	Rechnergestützte Modellierung in der Fluidverfahrenstechnik	Kenig	V2+Ü1	WS	4 LP
2.	Grundlagen der Quantenmechanik	Kitzerow	V2+Ü1	WS	4 LP
3.	Statistische Methoden der Verfahrenstechnik	Schmid	V2+Ü1	WS	4 LP
4.	Molekulare Thermodynamik	Vrabec	V2+Ü1	WS	4 LP
5.	CFD-Methoden in der Verfahrenstechnik	Ustinov (Kenig)	V1+Ü2	SS	4 LP
6.	Simulationsverfahren der Kunststofftechnik	Schäfers (Moritzer)	V1+Ü2	SS	4 LP
7.	Berechnung von Stoffdaten	Herres (Vrabec)	V1+Ü2	WS	4 LP
8.	FEM in der Werkstoffsimulation	Mahnken	V2+Ü1	WS	4 LP

Modulname:		Verfahrenstechnik 2: Apparate			
Modulverantwortlicher:		Kenig			
Nr.	Veranstaltungsname	Dozent	Typ (z.B. V2+Ü1)	Semester (WS/SS)	Leistungspunkte
1.	Anlagentechnik	Numrich (Kenig)	V2+Ü1	WS	4 LP
2.	Industrieantriebe	Zimmer	V2+Ü1	WS	4 LP
3.	Reaktive Trennverfahren	Kenig	V2+Ü1	SS	4 LP
4.	Apparatebau	Numrich (Kenig)	V2+Ü1	WS	4 LP
5.	Aufbau technischer Werkstoffe	Maier	V2+Ü1	SS	4 LP
6.	Produktanalyse	Schmid	V2+Ü1	SS	4 LP
7.	Sicherheitstechnik und -management	Wehmeier, Westphal (Schmid)	V3	WS	4 LP
8.	Konstruktive Gestaltung	Zimmer	V2+Ü1	WS	4 LP

Modulname:		Verfahrenstechnik 3: Prozesse			
Modulverantwortlicher:		Schmid			
Nr.	Veranstaltungsname	Dozent	Typ (z.B. V2+Ü1)	Semester (WS/SS)	Leistungspunkte
1.	Prozessmodellierung und -simulation	Kenig, Schmid, Warn- ecke, Hungenberg (Warnecke)	V1+Ü3	WS	4 LP
2.	Vertiefende Themen der Physikalischen Chemie	Schmidt	V2+P1	WS	4 LP
3.	Partikelsynthese	Schmid	V2+Ü1	SS	4 LP
4.	Sicherheitstechnik und -management	Wehmeier, Westphal (Schmid)	V3	WS	4 LP
5.	Mehrphasenströmung	Schmid	V2+Ü1	SS	4 LP
6.	Polymerreaktionstechnik und deren Anwendung	Hungenberg (Bremsler)	V2+Ü1	WS	4 LP
7.	Berechnung von Stoffdaten	Herres (Vrabec)	V1+Ü2	WS	4 LP
8.	Rheologie	Schmid	V2+P1	WS	4 LP

Modulname:		Kunststofftechnik 1: Verfahren			
Modulverantwortlicher:		Moritzer			
Nr.	Veranstaltungsname	Dozent	Typ (z.B. V2+Ü1)	Semester (WS/SS)	Leistungspunkte
1.	Kunststofftechnologie 1	Moritzer	V2+Ü1	WS	4 LP
2.	Kunststofftechnologie 2	Moritzer	V2+Ü1	SS	4 LP
3.	Fügen von Kunststoffen	Schöppner	V2+P1	WS	4 LP
4.	Mehrkomponententechnik	Schöppner	V2+Ü1	WS	4 LP
5.	Kunststoffproduktentwicklung	Moritzer	V2+Ü1	SS	4 LP
6.	Simulationsverfahren der Kunststofftechnik	Schäfers (Moritzer)	V1+Ü2	SS	4 LP
7.	Standardverfahren Spritzgießen	Moritzer	V2+Ü1	WS	4 LP
8.	Standardverfahren Extrusion	Schöppner	V2+Ü1	SS	4 LP

Modulname:		Kunststofftechnik 2: Materialien			
Modulverantwortlicher:		Moritzer			
Nr.	Veranstaltungsname	Dozent	Typ (z.B. V2+Ü1)	Semester (WS/SS)	Leistungspunkte
1.	Kunststofftechnologie 2	Moritzer	V2+Ü1	SS	4 LP
2.	Kunststofftechnologie 1	Moritzer	V2+Ü1	WS	4 LP
3.	Faserverbundmaterialien	Obermann (Moritzer)	V2+Ü1	SS	4 LP
4.	Werkstoffkunde der Kunststoffe	Schäfers (Moritzer)	V2+P1	WS	4 LP
5.	Mehrkomponententechnik	Schöppner	V2+Ü1	WS	4 LP
6.	Kautschukverarbeitung	Limpert (Schöppner)	V2+Ü1	SS	4 LP
7.	Kunststoffproduktentwicklung	Moritzer	V2+Ü1	SS	4 LP
8.	Materialsimulation	Mahnken	V2+Ü1	SS	4 LP

Modulname:		Makromolekulare und Technische Chemie			
Modulverantwortlicher:		Kuckling			
Nr.	Veranstaltungsname	Dozent	Typ (z.B. V2+Ü1)	Semester (WS/SS)	Leistungspunkte
1.	Makromolekulare Chemie 1	Kuckling	V2	SS	3 LP
2.	Makromolekulare Chemie 2	Huber, Kuckling	V2	WS	3 LP
3.	Polymeranalytik	Schmidt	V2+Ü1	SS	3 LP
4.	Polymerreaktionstechnik	Hungenberg (Bremser)	V2	WS	3 LP
5.	Modellierung und Simulation in der Polymerreaktionstechnik	Hungenberg (Bremser)	V2	SS	3 LP
6.	Kräfte und Strukturen an Grenzflächen	Grundmeier	V3	SS	3 LP
7.	Transport und Reaktionen an polymeren Grenzflächen	Grundmeier/Hungenberg	V2+Ü1	WS	3 LP

4 Pflichtmodule

4.1 Pflichtmodul 1: Numerik und Informatik

1) Mathematik 4 für Maschinenbauer (Numerische Methoden) 2) Technische Informatik für Ingenieure					
Modulnummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	1) 120 h 2) 120 h	1) 4 2) 4	1) 8. Sem. 2) 7./9. Sem.	1) Jedes Sommersemester 2) Jedes Wintersemester	1) 1 Sem. 2) 1 Sem.
1	Lehrveranstaltungen/Lehrformen			Kontaktzeit	Selbststudium
	a1) Vorlesung			2 SWS / 30 h	30 h
	b1) Übung			1 SWS / 15 h	15 h
	c1) Praktikum			-	-
	d1) Heimarbeit			-	30 h
	a2) Vorlesung			2 SWS / 30 h	30 h
	b2) Übung			2 SWS / 30 h	30 h
	c2) Praktikum			-	-
	d2) Heimarbeit			-	-
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen				
	1) wird ergänzt				
	2) Das Hauptziel der Veranstaltung ist die Vermittlung von Grundkenntnissen der Programmiersprache Java. Dazu gehören einfache Anweisungen, Ablaufsteuerungen, Arrays, dynamische Datenstrukturen und objektorientierte Programmierung. Die Vermittlung dieser Grundkenntnisse wird von Übungen am Computer begleitet.				
3	Inhalte				
	1) wird ergänzt				
	2) 1. Einführung und Motivation				
	1.1 Wichtige Begriffe				
	2. Grundlagen der Programmierung				
	2.1 Einfache Programme				
	2.2 Syntax, Semantik und Simulation				
	2.3 Verzweigungen				
	2.4 Schleifen				
	2.5 Primitive Datentypen				
	2.6 Felder (Arrays)				
	2.7 Klassen				
	2.8 Methoden				
	2.9 Dateien				
	2.10 Rekursion				
	2.11 Objektorientierung				
	2.12 Dynamische Datenstrukturen				
	2.13 Vererbung				
4	Lehrformen				
	Das Modul umfasst Vorlesungen und Übungen sowie Selbststudium.				
5	Gruppengröße				
	1) Vorlesung 150-200 TN, Übung 25-40 TN				
	2) Vorlesung 350-450 TN, Übung 20 TN (mit Rechnerarbeitsplatz), Übung (mit Notebook) 30 TN				
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)				
	Bachelorstudiengang Maschinenbau, Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen				
7	Empfohlene Vorkenntnisse				
	1) Mathematikveranstaltungen aus dem Grundstudium				
	2) keine				
8	Prüfungsformen				

	Das Modul wird mit jeweils einer Klausur (Umfang 2-4 h) abgeschlossen.
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich.
10	Modulzuordnung und hauptamtlich Lehrende/r Pflichtmodul 1: Numerik und Informatik 1) ProfessorInnen der Lehreinheit Mathematik 2) Fischer
11	Sonstige Informationen 1) wird ergänzt 2) Literaturhinweise: Hanspeter Mössenböck: Sprechen Sie Java? Eine Einführung in das systematische Programmieren; Dietmar Ratz, Jens Scheffler, Detlef Seese: Grundkurs Programmierung in Java, Bd. 1; Klaus Echte, Michael Goedicke: Lehrbuch der Programmierung mit Java.

4.2 Pflichtmodul 2: Biologische und Kolloidale Systeme

1) Grundlagen der biologischen Verfahrenstechnik					
2) Kolloide und Grenzflächen					
Modulnummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	1) 120 h 2) 120 h	1) 4 2) 4	1) 8. Sem. 2) 7./9. Sem.	1) Jedes Sommersemester 2) Jedes Wintersemester	1) 1 Sem. 2) 1 Sem.
1	Lehrveranstaltungen/Lehrformen			Kontaktzeit	Selbststudium
	a1) Vorlesung			2 SWS / 30 h	30 h
	b1) Übung			1 SWS / 15 h	15 h
	c1) Praktikum			-	-
	d1) Heimarbeit			-	30 h
	a2) Vorlesung			2 SWS / 30 h	30 h
	b2) Übung			1 SWS / 15 h	15 h
	c2) Praktikum			-	-
	d2) Heimarbeit			-	30 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen 1) Die Studierenden sollen eine Einführung in die Grundlagen der Mikrobiologie und des interdisziplinären Fachgebietes der Bioverfahrenstechnik erhalten. Zielstellung ist die Vermittlung einer ingenieurwissenschaftlichen Beschreibung biologischer Stoffumwandlungen in technischen Systemen sowie der Erwerb grundlegender Kenntnisse der Produktionstechnik mit Enzymen und Zellen. 2) Verständnis der grundlegenden Konzepte der Physik kolloidaler Materialien, Grundwissen über Eigenschaften und Charakterisierung makromolekularer und kolloidaler Systeme.				
3	Inhalte 1) Einführung in die Bioverfahrenstechnik, mikrobiologische Grundlagen, Nährstoffansprüche von Mikroorganismen, Enzymkinetik, Physiologie des Wachstums von Mikroorganismen, Grundtypen der Prozessführung und Bilanzierung biotechnischer Prozesse, Bioreaktortechnik, Steriltechnik, Downstream-Prozesse 2) Kolloidale Materialien, Arten von Grenzflächen, Physik der Grenzfläche, Stabilisierung von Grenzflächen, Rheologie von Kolloiden, Kolloide und Licht, Einführung in spezielle Charakterisierungsmethoden, Reinigungsprozesse, polymere Kolloide, Lebensmittelkolloide.				
4	Lehrformen Das Modul umfasst Vorlesungen und Übungen sowie Selbststudium.				
5	Gruppengröße Vorlesung 50-100 TN, Übung 50-100 TN				
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) keine				
7	Empfohlene Vorkenntnisse 1) Chemische Verfahrenstechnik 1: Grundlagen 2) Makromolekulare Chemie I				

8	Prüfungsformen Das Modul wird mit jeweils einer Klausur (Umfang 2-4 h) oder jeweils einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5,0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt.
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich.
10	Modulzuordnung und hauptamtlich Lehrende/r Pflichtmodul 2: Biologische und Kolloidale Systeme 1) Bobert, Warnecke 2) Bremser, Hiltrop
11	Sonstige Informationen Literatur 1) H. Chmiel: <i>Bioprozesstechnik</i> , Elsevier 2. Auflage (2006); K. Schügerl: <i>Bioreaktionstechnik</i> , Band 1; H.G. Schlegel: <i>Allgemeine Mikrobiologie</i> ; Thieme Verlag, 6. Auflage (1985). 2) Pashley, <i>Applied Colloid and Surface Chemistry</i> , Vorlesungsskript.

4.3 Pflichtmodul 3: Unit Operations

1) Thermische Verfahrenstechnik 2: Unit Operations 2) Mechanische Verfahrenstechnik 2: Unit Operations 3) Chemische Verfahrenstechnik 2					
Modulnummer	Workload	Credits	Studiensemester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	1) 120 h 2) 120 h 3) 120 h	1) 4 2) 4 3) 4	1) 8. Sem. 2) 8. Sem. 3) 7./9. Sem.	1) Jedes Sommersemester 2) Jedes Sommersemester 3) Jedes Wintersemester	1) 1 Sem. 2) 1 Sem. 3) 1 Sem.
1	Lehrveranstaltungen/Lehrformen			Kontaktzeit	Selbststudium
	a1) Vorlesung			2 SWS / 30 h	30 h
	b1) Übung			1 SWS / 15 h	15 h
	c1) Praktikum			-	-
	d1) Heimarbeit			-	30 h
	a2) Vorlesung			2 SWS / 30 h	30 h
	b2) Übung			1 SWS / 15 h	15 h
	c2) Praktikum			-	-
	d2) Heimarbeit			-	30 h
	a3) Vorlesung			2 SWS / 30 h	30 h
	b3) Übung			1 SWS / 15 h	15 h
	c3) Praktikum			-	-
	d3) Heimarbeit			-	30 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen				
	1) In der Vorlesung werden Kenntnisse aus dem Bereich der Grundoperationen der Thermischen Verfahrenstechnik vermittelt. In der Übung werden die theoretischen Ansätze anhand von relevanten Beispielen angewendet und auf diesem Weg die Kenntnisse der Veranstaltung gefestigt.				
	2) In dieser Vorlesung werden Kenntnisse zu den Apparaten, den physikalischen Grundlagen und den relevanten Auslegungsgleichungen für mechanische Grundoperationen vermittelt. Ziel dieser Verfahren ist jeweils, partikuläre Produkte mit gewünschten Eigenschaften herzustellen. In der Übung wird der in der gleichnamigen Vorlesung vermittelte Stoff anhand von Aufgaben geübt und vertieft. In der letzten Übungsstunde besteht die Möglichkeit zur Teilnahme an einer Probeklausur.				
	3) Die Studierenden kennen die Grundlagen von Mehrphasenprozessen in chemischen Reaktoren, der Modellierung realer chemischer Reaktoren sowie des Stabilitätsverhaltens chemischer Reaktoren.				
3	Inhalte				
	1) Basierend auf der Vorlesung „Grundlagen der Thermischen Verfahrenstechnik“ werden die Kenntnisse über die Grundoperation Rektifikation vertieft. Zu den weiteren Inhalten der Vorlesung zählen die Grund-				

	<p>lagen und Auslegungsmethoden der Grundoperationen Trocknung, Extraktion, Adsorption, Ein- und Verdampfung.</p> <p>2) Trennen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kennzeichnung von Trennprozessen - Klassieren und Sortieren von Feststoffen - Abscheiden von Feststoffen aus Flüssigkeiten (Filtern, Zentrifugieren, Dekantieren) - Abscheiden von Feststoffen aus Gasen (Siebe, Sieb, Zyklo, Schlauchfilter, Elektrofilter) <p>Mischen von Flüssigkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bauarten von dynamischen Mixern - Ne-Re-Diagramm, Mischgüte-Re-Diagramm - Hochviskos-Mischen, Statisches Mischen <p>Feststoff - Zerkleinerung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bruchmechanische Grundlagen - Zerstörung von Einzelpartikeln - Zerkleinerung im Gutbett - Zerkleinerungsgesetze - Zerkleinerungsmaschinen, Funktionen und Einsatzgebiete - Naß- und Kaltzerkleinerung <p>3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelle realer Reaktoren - gekoppelte Massen- und Wärmebilanzen - Stabilitätsverhalten chemischer Reaktoren - Transport und Reaktion in heterogenen, polytropen Systemen (gas/flüssig und gas/fest)
4	<p>Lehrformen Das Modul umfasst Vorlesungen und Übungen sowie Selbststudium.</p>
5	<p>Gruppengröße Vorlesung 20-30 TN, Übung 20-30 TN</p>
6	<p>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) keine</p>
7	<p>Empfohlene Vorkenntnisse</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Thermische Verfahrenstechnik I: Grundlagen; Wärme- und Stoffübertragung 2) Mechanische Verfahrenstechnik 1: Grundlagen 3) Chemische Verfahrenstechnik I: Grundlagen
8	<p>Prüfungsformen Das Modul wird mit jeweils einer Klausur (Umfang 2-4 h) abgeschlossen.</p>
9	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich.</p>
10	<p>Modulzuordnung und hauptamtlich Lehrende/r Pflichtmodul 3: Unit Operations</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Kenig 2) Schmid 3) Warnecke / Bobert
11	<p>Sonstige Informationen Literatur</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Foliensammlung und dort zitierte Literatur. 2) Vorlesungsskript, Stieß, M.: Mech. Verfahrenstechnik, Springer-Verlag, 1993. 3) Baerns, M., Behr, A., Brehm, A., Gmehling, J., Hofmann, H., Onken, U., Renken: <i>Technische Chemie</i>, Wiley-VCH; Weinheim; 1. Auflage (2006).

5 Wahlpflichtmodule

5.1 Nanotechnologie 1: Partikel

Nanotechnologie 1: Partikel					
Modulnummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	360 h	12	7.-10. Sem.	Jedes Semester	2 Sem.
1	Lehrveranstaltungen a) Partikelsynthese (Pflichtfach) (V2/Ü1) Aus den folgenden Veranstaltungen sind von den Studierenden zwei zu wählen: b) Angewandte Nanotechnologie (V2/Ü1) c) Molekulare Thermodynamik (V2/Ü1) d) Lacksysteme I (V2/Ü1) e) Grundlagen der Quantenmechanik (V2/Ü1) f) Produktanalyse (V2/Ü1) g) Vertiefende Themen der Physikalischen Chemie (V2/P1) h) Grundlagen der Nanotechnologie (V2/Ü1)			Kontaktzeit 45 h	Selbststudium 75 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Insgesamt sollen die Studierenden einen Überblick über den Stand der modernen Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Nanopartikeltechnik bekommen. Wichtige Kenntnisse umfassen dabei <ul style="list-style-type: none"> • die Partikelsynthese • Elementarprozesse bei der Herstellung und Verarbeitung von Nanopartikeln • physikalisch-chemische Prozesse an Nanopartikeloberflächen • Strukturbildung mit Nanopartikeln • Herstellung von nanopartikulären Produkten • spezifische Produkteigenschaften in Abhängigkeit der nanodispersen Partikeleigenschaften. Die Studierenden sollen dabei die folgenden Kompetenzen erwerben: <ul style="list-style-type: none"> • physikalisch-chemische Mechanismen in nanopartikulären Systemen • mathematische Beschreibung der Kinetik dieser Mechanismen • Kenntnis von Apparaten und (exemplarischer) Gesamtprozesse zur Herstellung nanopartikulärer Produkte • Auslegung von Apparaten und Anlagen zur Herstellung solcher Produkte • Verständnis des Zusammenwirkens verschiedener Elementarprozesse zur gezielten Einstellung gewünschter Produkteigenschaften. 				
3	Inhalte a) 1. Relevante Elementarprozesse <ol style="list-style-type: none"> Homogene Keimbildung Heterogene Keimbildung Agglomeration Bruch Wachstum Sintern Ostwald-Reifung 2. Nasschemische Partikelsynthese <ol style="list-style-type: none"> Fällung Kristallisation 3. Gasphasensynthese <ol style="list-style-type: none"> Heißwandreaktor Flammensynthese 				

- c) Plasmareaktor
- d) Laserverdampfung

b)

1. Carbon Nanotubes

- a) Wichtige Eigenschaften
- b) Herstellungsprozesse
- c) Aktuelle und zukünftige Anwendungen

2. Nanoskalige Beschichtungen

- a) Herstellungsverfahren
- b) Typische Materialien und Eigenschaften
- c) Produktentwicklung
- d) Zulassungsverfahren und soziale Akzeptanz

3. Nano-Compositmaterialien

- a) Herstellungsverfahren
- b) Typische Matrix- und Füll-Materialien
- c) Erzielbare Eigenschaften
- d) Produktrecycling

4. Nanoskalige Suspensionen

- a) Typische Anwendungen
- b) Typische Materialien
- c) Von der Produktidee zur Marktreife
- d) Markteinführung nanotechnologischer Produkte

c)

Modelle zwischenmolekularer Wechselwirkungen: Hartkörper-, Square-Well-, und Lennard-Jones-Potential sowie elektrostatische Potentiale. Grundlagen der molekularen Simulation: Periodische Randbedingungen, Minimum-Image-Konvention, Abschneideradien, Langreichweitige Korrekturen. Simulationsmethoden: Molekulardynamik und Monte-Carlo-Technik. Thermodynamische Zustandsgrößen aus molekularen Simulation: Ensemble, Zustandssumme, Zustandsgrößen aus Ableitungen der Zustandssumme. Paarkorrelationsfunktion als strukturelle Eigenschaft. Spezielle Methoden zur Berechnung von Phasengleichgewichten.

d)

Grundlagen Lackpolymere, Lösemittelbasierende Systeme, Dispersionen, Dispergierung, Pigmentierung, Formulierung, Farbe.

e)

Historische Schlüsselexperimente der Quantenmechanik, Welle-Teilchen-Dualismus, Schrödinger-Gleichung, Operatoren und Erwartungswerte, Heisenbergsche Unschärferelation, Teilchen im Potentialkasten, Tunneleffekt- und Rastertunnelmikroskopie, harmonischer und anharmonischer Oszillator, Rotation, Rotations- und Schwingungsspektroskopie, Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Systeme.

f)

1. Charakterisierung von Messproblem und Messverfahren
2. Probenahme
3. Moderne Verfahren zur Partikelgrößenanalyse (Licht- u. Elektronenmikroskopie, statische Lichtstreuung, SMPS, Impaktor, dynamische Lichtstreuung)
4. Charakterisierung sonstiger Partikeleigenschaften (Oberfläche, Zeta-Potential, Geschwindigkeit).
5. On-line Messtechnik
6. Produktcharakterisierung und Korrelation von Partikel-Produkteigenschaften (z.B. Rheologie von Suspensionen, Fließverhalten von Pulvern, Durchströmbarkeit, Farbwirkung von Pulvern und Suspensionen)

g)

Die Studierenden wählen aus einer der folgenden Veranstaltungen:

	<ul style="list-style-type: none"> - Streuung und Mikroskopie - Spezielle Themen aus dem Bereich der Thermodynamik - Thermodynamik von Polymerlösungen - Flüssigkristalle - Spezielle spektroskopische Methoden <p>Das Praktikum umfasst fortgeschrittene Versuche, z. B. Boltzmann-Statistik (Ordnungsgrad eines Flüssigkristalls), Molwärme und Entropie eines Festkörpers (Aluminium), Dipolmoment, Lichtstreuung an Nanopartikeln, Flüssigkristalle (z. B. cholesterische Flüssigkristalle: eindimensionale photonische Kristalle).</p> <p>h)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Phänomene nanoskaliger Strukturen <ol style="list-style-type: none"> a) Oberfläche b) Magnetismus c) Reaktivität d) Schmelzpunkt e) Elektronisch f) Sonstige Effekte 2. Nanoprodukte und Bedeutung für Produkteigenschaften <ol style="list-style-type: none"> a) Ruß als Füllstoff b) Biozide Beschichtungen 3. Gesundheitliche Risiken <ol style="list-style-type: none"> a) Freisetzung von Nanopartikeln b) Wirkmechanismen im Organismus c) Bewertung von gesundheitlichen Risiken 4. Recyclingfähigkeit von Nanoprodukten <ol style="list-style-type: none"> a) Bedeutung von Recycling b) ‚Green Nanotechnology‘
4	Lehrformen Das Modul umfasst Vorlesungen, Übungen und Praktika sowie Selbststudium.
5	Gruppengröße Vorlesung 10-50 TN, Übung 10-50 TN, Praktikum 5-10 TN
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) keine
7	Empfohlene Vorkenntnisse <ol style="list-style-type: none"> a) Mechanische Verfahrenstechnik I: Grundlagen, Wärmeübertragung, Stoffübertragung, Chemische Verfahrenstechnik I b) Pflichtmodul: Anwendungsgrundlagen für Chemieingenieurwesen c) Thermodynamik 1 d) keine e) keine f) Mechanischen Verfahrenstechnik I: Grundlagen g) Physikalische Chemie h) keine
8	Prüfungsformen Das Modul wird mit je einer lehrveranstaltungsbezogenen Klausur (Umfang 2-4 h) oder einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5-0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt. Bei Wahl der Veranstaltung <i>Vertiefende Themen der Physikalischen Chemie</i> ist die Prüfung in Form einer Posterpräsentation oder eines Kurzvortrages abzulegen.
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich.
10	Modulbeauftragter Schmid

5.2 Nanotechnologie 2: Materialien & Produkte

Nanotechnologie 2: Materialien & Produkte					
Modulnummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	360 h	12	7.-10. Sem.	Jedes Semester	2 Sem.
1	Lehrveranstaltungen a) Komplexe Materialien (Pflichtfach) (V2/Ü1) Aus den folgenden Veranstaltungen sind von den Studierenden zwei zu wählen: b) Materialsimulation (V2/Ü1) c) Charakterisierung komplexer Materialien (V2/Ü1) d) Prozessmodellierung und -simulation (V1/Ü3) e) Partikelsynthese (V2/Ü1) f) Angewandte Nanotechnologie (V2/Ü1) g) Experimentelle Methoden der Werkstoffkunde (V2/Ü1) h) Statistische Methoden der Verfahrenstechnik (V2/Ü1)			Kontaktzeit 45 h 45 h 45 h 60 h 45 h 45 h 45 h 45 h	Selbststudium 75 h 75 h 75 h 60 h 75 h 75 h 75 h 75 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Insgesamt sollen die Studierenden einen Überblick über den Stand der modernen Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Nanopartikeltechnik bekommen. Wichtige Kenntnisse umfassen dabei <ul style="list-style-type: none"> komplexe Materialien und deren Charakterisierung die Simulation und Modellierung von Prozessen physikalisch-chemische Prozesse an Nanopartikeloberflächen Experimentelle Untersuchungen von Materialien und Werkstoffen die Partikelsynthese Herstellung von nanostrukturierten Materialien. Die Studierenden sollen dabei die folgenden Kompetenzen erwerben: <ul style="list-style-type: none"> physikalisch-chemische Mechanismen bei der Herstellung von nanostrukturierten Systemen physikalisch-chemische Mechanismen bei der Verwendung von nanostrukturierten Systemen mathematische Beschreibung dieser Mechanismen Kenntnisse von Simulationsprogrammen, deren Anwendung sowie die Auswertung von Simulationsergebnissen Verständnis des Zusammenwirkens verschiedener Elementarprozesse zur gezielten Einstellung gewünschter Produkteigenschaften. 				
3	Inhalte a) wird ergänzt b) Modellgleichungen der Visokoelastizität - Definition der Visokoelastizität ("die Gleichgewichtsspannung") - Grundmodule ("Hooke"- , Dämpfer), zusammengesetzte Module (Maxwell Element) - Dreidimensionale Modellierung (Deviatorische und volumetrische Aufteilung der Spannungs- und Verzerrungstensoren) - Möglichkeiten des Programms Abaqus Modellgleichungen der Viskoplastizität - Definition der Viskoplastizität ("die statische Fließspannung") - Grundmodule ("Hooke"- , Dämpfer- und Reibelement), zusammengesetzte Module - Dreidimensionale Modellierung (Deviatorische und volumetrische Aufteilung der Spannungs- und Verzerrungstensoren) - Möglichkeiten des Programms Abaqus Mehrdimensionale Finite Element Formulierung - Das Variationsproblem , Galerkinverfahren - Ansatzfunktionen auf Elementebene, das isoparametrische Konzept				

- Lösungsverfahren nichtlinearer Problemstellungen, Möglichkeiten des Programms Abaqus
- Einführung in Kontaktalgorithmen (optional)
- Einführung in gemischte FE-Ansätze (optional)
- Einführung in geometrisch nichtlineare Problemstellungen (optional)
- Anwendungen der FEM in Pre- und Post-Processing
- Pre-processing einfacher geometrischer Strukturen mit Abaqus CAE
- Viskoelastisches Verhalten dreidimensionaler FE-Strukturen
- Viskoplastisches Verhalten dreidimensionaler FE-Strukturen
- Variation der Materialien, der Elementtypen, der Vernetzung
- Simulation von Kriech- und Relaxationsprozessen
- Gekoppelte thermisch- mechanische Simulationen
- Simulation von Umformprozessen mit grossen plastischen Verformungen
- Post-Processing

c)

Optische Spektroskopie von Grenzflächen und dünnen Schichten (FTIR, Raman, Ellipsometrie), Elektronenspektroskopie von Grenzflächen und Dünnen Schichten (Auger-Spektroskopie, Phototelektronenspektroskopie), Mikroskopische Methoden der Spektroskopie (FTIR, Raman, Scanning Auger-Spektroskopie).

d)

1. Grundlagen der modernen Modellierungsmethoden
2. AspenTech Aspen Plus
 - Grundlagen
 - Anwendungen, Beispiele
3. SolidSim
 - Grundlagen
 - Anwendungen, Beispiele
4. CiT PREDICI
 - Grundlagen
 - Anwendungen, Beispiele

e)

1. Relevante Elementarprozesse
 - h) Homogene Keimbildung
 - i) Heterogene Keimbildung
 - j) Agglomeration
 - k) Bruch
 - l) Wachstum
 - m) Sintern
 - n) Ostwald-Reifung
2. Nasschemische Partikelsynthese
 - c) Fällung
 - d) Kristallisation
3. Gasphasensynthese
 - e) Heißwandreaktor
 - f) Flammensynthese
 - g) Plasmareaktor
 - h) Laserverdampfung

f)

1. Carbon Nanotubes
 - a) Wichtige Eigenschaften
 - b) Herstellungsprozesse
 - c) Aktuelle und zukünftige Anwendungen
2. Nanoskalige Beschichtungen

	<ul style="list-style-type: none"> a) Herstellungsverfahren b) Typische Materialien und Eigenschaften c) Produktentwicklung d) Zulassungsverfahren und soziale Akzeptanz <p>3. Nano-Compositmaterialien</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Herstellungsverfahren b) Typische Matrix- und Füll-Materialien c) Erzielbare Eigenschaften d) Produktrecycling <p>4. Nanoskalige Suspensionen</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Typische Anwendungen b) Typische Materialien c) Von der Produktidee zur Marktreife d) Markteinführung nanotechnologischer Produkte <p>g)</p> <p>Mechanische Messungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PID-Regelung - Hochtemperaturverformung <p>Mikroskopie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optische Verfahren - Rasterelektronenmikroskopie - Transmissionselektronenmikroskopie <p>Röntgendiffraktometrie</p> <p>h)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Beschreibende Statistik, Darstellung von Daten <ul style="list-style-type: none"> - Punktdiagramm, Histo- u. Pictogramm, Häufigkeits-Polygon. 3. Statistische Maßzahlen <ul style="list-style-type: none"> - Mittelwert, Standardabweichung, Schiefe, Quantile. 4. Approximation, Korrelation u. Regression <ul style="list-style-type: none"> - Interpolation, Approximations-Norm, Regressionsfunktion. - Bewertung der Anpassung. 5. Wahrscheinlichkeiten <ul style="list-style-type: none"> - Additions- und Multiplikations-Theorem, Entscheidungsbaum. 6. Wahrscheinlichkeits-Verteilungen <ul style="list-style-type: none"> - Binomial-, Poisson-, Hypergeometrische-, Gauß-, Weibull-Verteilung. - Test-Verteilungen 7. Schätzwert, Erwartungstreue, Konfidenzintervall <ul style="list-style-type: none"> - Begriffe, Student- und Chi-Quadrat-Verteilung, Vertrauensintervalle. 8. Testen von Hypothesen, Entscheidungen <ul style="list-style-type: none"> - Entscheidungen über Mittelwerte und Varianzen. 9. Versuchsplanung <ul style="list-style-type: none"> - Konventioneller Versuchsplan und Faktorenplan.
4	<p>Lehrformen</p> <p>Das Modul umfasst Vorlesungen und Übungen sowie Selbststudium.</p>
5	<p>Gruppengröße</p> <p>Vorlesung 10-50 TN, Übung 10-50 TN</p>
6	<p>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</p> <p>Keine</p>
7	<p>Empfohlene Vorkenntnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> a) wird ergänzt b) Grundkenntnisse in Mechanik und Mathematik, FEM 1 c) keine d) Einführung in die Verfahrenstechnik, Empfehlung: Master-Modul Unit Operations

	<p>e) Mechanische Verfahrenstechnik I: Grundlagen, Wärmeübertragung, Stoffübertragung, Chemische Verfahrenstechnik I</p> <p>f) Pflichtmodul: Anwendungsgrundlagen für Chemieingenieurwesen</p> <p>g) Werkstoffkunde 1, Werkstoffkunde 2 für Wirtschaftsingenieurwesen und Chemieingenieurwesen</p> <p>h) keine</p>
8	<p>Prüfungsformen</p> <p>Das Modul wird mit je einer lehrveranstaltungsbezogenen Klausur (Umfang 2-4 h) oder einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5-0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt.</p>
9	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Es sind keine Vorleistungen erforderlich.</p> <p>Bei Wahl der Veranstaltung <i>Charakterisierung komplexer Materialien</i> ist eine semesterbegleitende Studienleistung zu erbringen (Vortrag, Heimarbeit o. ä.).</p> <p>Bei Wahl der Veranstaltung <i>Prozessmodellierung und -simulation</i> müssen erfolgreiche Prüfungsvorleistungen aus den Rechnerübungen erbracht werden.</p>
10	<p>Modulbeauftragter</p> <p>Schmid</p>

5.3 Energietechnik

Energietechnik					
Modulnummer	Workload	Credits	Studiensemester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	360 h	12	7.-10. Sem.	Jedes Semester	2 Sem.
1	<p>Lehrveranstaltungen</p> <p>a) Kältetechnik und Wärmepumpentechnik (Pflichtfach) (V2/Ü1)</p> <p>Aus den folgenden Veranstaltungen sind von den Studierenden zwei zu wählen:</p> <p>b) Verdampfung und Kondensation (V2/Ü1)</p> <p>c) Kraft- und Arbeitsmaschinen (V2/Ü1)</p> <p>d) Energieeffiziente Wärmeübertragungsmethoden (V2/Ü1)</p> <p>e) Rationelle Energienutzung (V2/Ü1)</p> <p>f) Anlagentechnik (V2/Ü1)</p> <p>g) Prozessmodellierung und -simulation (V1/Ü3)</p> <p>h) Mehrphasenströmung (V2/Ü1)</p>			<p>Kontaktzeit</p> <p>45 h</p>	<p>Selbststudium</p> <p>75 h</p>
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Insgesamt sollen die Studierenden einen Überblick über den Stand der modernen Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Energietechnik bekommen. Wichtige Kenntnisse umfassen dabei</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verdampfungs- und Kondensationsprozesse • die Simulation und Modellierung von Prozessen • Kraftwerksprozesse • Kraft-Wärme-Kopplung • Wärmeübertragung mit gleichzeitigem Phasenwechsel <p>Die Studierenden sollen dabei die folgenden Kompetenzen erwerben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung und Deutung technischer Fließbilder • Kenntnisse von Simulationsprogrammen, deren Anwendung sowie die Auswertung von Simulationsergebnissen 				
3	<p>Inhalte</p> <p>a)</p> <p>Kältemischungen und Verdunstungskühlung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arten von Kältemischungen, Temperaturbereich, Anwendung - Feuchte Luft: Zustandsänderungen in Kühlturm und Klimaanlage <p>Kompressions-Kältemaschine und -Wärmepumpe</p>				

- Vergleichsprozesse in verschiedenen Darstellungen, Diskussion realistischer Zustandsänderungen
- Arbeitsmedien, u.a. Diskussion der Ozonproblematik und des Treibhauseffekts
- Exergiebetrauchtungen zu diesen Maschinen
- Arten und Charakteristika mehrstufiger Maschinen
- Absorptions-Kältemaschine und -Wärmepumpe
- Grundlegende Begriffe aus der Thermodynamik von Lösungen
- Vergleichsprozesse im $\lg p$, $1/T$ -Diagramm und im h,x -Diagramm
- Arbeitsstoffpaare (Anforderungen, Eigenschaften)
- Ausführung mit druckausgleichendem Hilfsgas: Prinzip, technische Aufbau
- Zweistufige Anlagen: Arten und Eigenschaften
- Tiefemperaturtechnik
- Kaltgasmaschinen-Prozesse
- He3/He4-Verdünnungs-Prozess
- Kälteleistung durch Entmagnetisieren bei tiefsten Temperaturen

b)

Grundlagen des Siedens

1. Siedekurve
2. Anfang des Siedens und kritische Phänomene
3. Blasendynamik
4. Wärmeübertragung beim Behälter- und Strömungssieden

Grundlagen der Kondensation

1. Der Vorgang der Kondensation und ihre Strömungsformen
2. Erweiterte Nußeltsche Kondensationstheorie
3. Wärmeübergang bei der Kondensation

Verdampfer und Kondensatoren in der Industrie

c)

1 Anlagenkennlinien

2 Turbo-Arbeitsmaschinen

- Kreiselpumpen,
- Turboverdichter,
- Kräfte und Geschwindigkeiten im Laufrad,
- Grenzen des Einsatzbereiches, Regelung, Kavitation, Charakteristische Kennzahlen

3 Verdränger - Arbeitsmaschinen

- Verdränger - Pumpen,
- Kolbenverdichter

4 Turbinen

- Gasturbinen,
- Aeroderivative und Heavy Duty,
- Leistung und Wirkungsgrad,
- Isentrope und Polytrope Wirkungsgrade

5 Kraftwerksprozesse

- Dampfkraftprozess,
- Optimierung des Dampfkraftprozesses,
- Kombikraftwerk,
- Kraftwerksprozesse der Zukunft

d)

1 Verbesserungsmethoden bei der einphasigen Wärmeübertragung

2 Verdampfer

- Wärme- und Stoffübertragung an Dampfblasen,
- Verdampfung bei freier Konvektion,
- Verdampfung in erzwungener Strömung,
- Gemischverdampfung,

	<ul style="list-style-type: none"> - Rippenrohrverdampfer, - Verdampfer mit Hochleistungsrohren, - Durchströmte Verdampfer mit Einbauten <p>3 Kondensatoren</p> <ul style="list-style-type: none"> - Filmkondensation, - Tropfenkondensation, - Einfluss der Dampf- und Kondensatströmung, - Gemischkondensation <p>4 Wärmerohre (Heat Pipes)</p> <p>e)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fossile und erneuerbare Ressourcen - Kohlendioxid und der Treibhauseffekt - Hauptsätze der Thermodynamik - Energieverbrauchsstrukturen und Einsparpotentiale - Abwärmenutzung - Kraft-Wärme-Kopplung - Brennstoffzellen - Kohlendioxidabscheidung und –sequestrierung - Nutzung erneuerbarer Energieträger <p>f)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Überblick - Bedarf und Planungsziele - Technische Konzeption - Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen - Projektabwicklung - Rechtliche Bestimmungen <p>g)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grundlagen der modernen Modellierungsmethoden 2. AspenTech Aspen Plus <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen - Anwendungen, Beispiele 3. SolidSim <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen - Anwendungen, Beispiele 4. CiT PREDICI <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen - Anwendungen, Beispiele <p>h)</p> <p>Einführung und Begriffsdefinitionen</p> <p>Verdünnte Mehrphasenströmungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beispiele - Bewegung von Einzelpartikeln - Modellierung bei niedrigen Konzentrationen <p>Konzentrierte Mehrphasenströmungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beispiele - Verschiedene Strömungsformen - Modellierung bei hohen Konzentrationen <p>Messung in Mehrphasenströmungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Partikelkonzentration - Partikel- und Fluidgeschwindigkeit - Partikelgrößenverteilung
4	Lehrformen

	Das Modul umfasst Vorlesungen und Übungen sowie Selbststudium.
5	Gruppengröße Vorlesung 10-60 TN, Übung 10-60 TN
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) keine
7	Empfohlene Vorkenntnisse a) Thermodynamik 1, Thermodynamik 2 b) Wärme- und Stoffübertragung, Rechnergestützte Modellierung in der Fluidverfahrenstechnik c) Thermodynamik 1, Thermodynamik 2 d) Thermodynamik 1, Thermodynamik 2, Wärme- und Stoffübertragung e) Thermodynamik 1, Thermodynamik 2 f) Thermische Verfahrenstechnik I: Grundlagen, Mechanische Verfahrenstechnik I: Grundlagen g) Einführung in die Verfahrenstechnik, Empfehlung: Master-Modul Unit Operations h) Fluidmechanik
8	Prüfungsformen Das Modul wird mit je einer lehrveranstaltungsbezogenen Klausur (Umfang 2-4 h) oder einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5-0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt.
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich. Bei Wahl der Veranstaltung <i>Prozessmodellierung und -simulation</i> müssen erfolgreiche Prüfungsvorleistungen aus den Rechnerübungen erbracht werden.
10	Modulbeauftragter Vrabec

5.4 Verfahrenstechnik 1: Modellierung und Simulation

Verfahrenstechnik 1: Modellierung und Simulation					
Modulnummer	Workload	Credits	Studiensemester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	360 h	12	7.-10. Sem.	Jedes Semester	2 Sem.
1	Lehrveranstaltungen a) Rechnergestützte Modellierung in der Verfahrenstechnik (Pflichtfach) (V2/Ü1) Aus den folgenden Veranstaltungen sind von den Studierenden zwei zu wählen: b) Grundlagen der Quantenmechanik (V2/Ü1) c) Statistische Methoden der Verfahrenstechnik (V2/Ü1) d) Molekulare Thermodynamik (V2/Ü1) e) CFD-Methoden in der Verfahrenstechnik (V1/Ü2) f) Simulationsverfahren in der Kunststofftechnik (V1/Ü2) g) Berechnung von Stoffdaten (V1/Ü2) h) FEM in der Werkstoffsimulation (V2/Ü1)			Kontaktzeit 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h	Selbststudium 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Insgesamt sollen die Studierenden einen Überblick über den Stand der modernen Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Modellierung und Simulation in der Verfahrenstechnik und der Kunststofftechnik bekommen. Wichtige Kenntnisse umfassen dabei u.A. <ul style="list-style-type: none"> • Wärme- und Stofftransport im Mikro- und Makromaßstab • Beschreibende Statistik und Quantenmechanik • Berechnung von Stoffeigenschaften. Die Studierenden sollen dabei die folgenden Kompetenzen erwerben: <ul style="list-style-type: none"> • mathematische Beschreibung verfahrenstechnischer Problemstellungen • Kenntnisse von analytischen und numerischen Methoden, Simulationsprogrammen und deren Anwendungen sowie der Auswertung von Simulationsergebnissen 				

3	<p>Inhalte</p> <p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der modernen Modellierungsmethoden • Stofftransport in Vielkomponentengemischen • Fluidmechanik in Trennapparaten und Wärmetauschern • Phasengrenze • Transportprozesse in reagierenden Systemen • CFD-Lösungsmethoden <p>b)</p> <p>Historische Schlüsselexperimente der Quantenmechanik, Welle-Teilchen-Dualismus, Schrödinger-Gleichung, Operatoren und Erwartungswerte, Heisenbergsche Unschärferelation, Teilchen im Potentialkasten, Tunneleffekt- und Rastertunnelmikroskopie, harmonischer und anharmonischer Oszillator, Rotation, Rotations- und Schwingungsspektroskopie, Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Systeme</p> <p>c)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Beschreibende Statistik, Darstellung von Daten <ul style="list-style-type: none"> - Punktdiagramm, Histo- u. Pictogramm, Häufigkeits-Polygon. 3. Statistische Maßzahlen <ul style="list-style-type: none"> - Mittelwert, Standardabweichung, Schiefe, Quantile. 4. Approximation, Korrelation u. Regression <ul style="list-style-type: none"> - Interpolation, Approximations-Norm, Regressionsfunktion. - Bewertung der Anpassung. 5. Wahrscheinlichkeiten <ul style="list-style-type: none"> - Additions- und Multiplikations-Theorem, Entscheidungsbaum. 6. Wahrscheinlichkeits-Verteilungen <ul style="list-style-type: none"> - Binomial-, Poisson-, Hypergeometrische-, Gauß-, Weibull-Verteilung. - Test-Verteilungen 7. Schätzwert, Erwartungstreue, Konfidenzintervall <ul style="list-style-type: none"> - Begriffe, Student- und Chi-Quadrat-Verteilung, Vertrauensintervalle. 8. Testen von Hypothesen, Entscheidungen <ul style="list-style-type: none"> - Entscheidungen über Mittelwerte und Varianzen. 9. Versuchsplanung <ul style="list-style-type: none"> - Konventioneller Versuchsplan und Faktorenplan <p>d)</p> <p>Modelle zwischenmolekularer Wechselwirkungen: Hartkörper-, Square-Well-, und Lennard-Jones-Potential sowie elektrostatische Potentiale. Grundlagen der molekularen Simulation: Periodische Randbedingungen, Minimum-Image-Konvention, Abschneideradien, Langreichweitige Korrekturen. Simulationsmethoden: Molekulardynamik und Monte-Carlo-Technik. Thermodynamische Zustandsgrößen aus molekularen Simulation: Ensemble, Zustandssumme, Zustandsgrößen aus Ableitungen der Zustandssumme. Paarkorrelationsfunktion als strukturelle Eigenschaft. Spezielle Methoden zur Berechnung von Phasengleichgewichten.</p> <p>e)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Computational Fluid Dynamics - Beispiele industrieller Anwendung <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Differentialgleichungen der Fluidmechanik 3. Diffusion 4. Konvektion mit Diffusion 5. Druck-Geschwindigkeitskopplung in stationären Strömungen 6. Instationäre Probleme <p>f)</p>
---	---

- 1 Erhaltungssätze
- 2 Kombination der Erhaltungssätze mit der Materialbeschreibung
- 3 Übertragung auf die FE-Theorie
- 4 Wärmeübergangsmechanismen in der Kunststofftechnik
- 5 FE-Analyseprogramme: C-Mold, Polyflow, Antras
- 6 Wärmeübergangsberechnungen
- 7 Kühlstreckenberechnungen
- 8 Modelltheorie

g)

- 1 Einführung
 - Stoffwertberechnung für fluide Stoffe
 - Gleichgewichts- und Stabilitätsbedingungen
 - Zustandsfläche
- 2 Grundlagen der Thermodynamik der Mischungen
- 3 Zustandsgleichungen und Prinzip der korrespondierenden Zustände
 - Kubische Zustandsgleichungen
 - Modifizierte Virialgleichungen
 - pVT-Datenberechnung nach dem Korrespondenzprinzip
 - Zustandsgleichungen auf Basis der statistischen Thermodynamik
- 4 Phasengleichgewichtsberechnungen
 - mit Zustandsgleichungen
 - mit Methoden der lokalen Zusammensetzung (Wilson, NRTL, UNIFAC,...)
- 5 Berechnung der Stoffdaten für reine Stoffe (Einstoffsysteme)
 - Berechnung der thermischen Eigenschaften (pVT-Daten)
 - Berechnung von kalorischen Eigenschaften
 - Berechnung weiterer abgeleiteter Größen
- 6 Berechnung der Stoffdaten für Mischungen
 - Mischungsregeln: Arten, Vergleich
 - Ideale Mischungen, Exzeßgrößen
 - Berechnungsbeispiele
- 7 Oberflächenspannung, Transportgrößen (,Viskosität, Wärmeleitfähigkeit,...)
- 8 Datenbanken (DDBST,...)
- 9 Kommerzielle Programme (REFPROP, Fluidcal,...)

h)

- Problemstellungen des Maschinenbaus
- Elastische Probleme (Zugstab, Balken, Scheiben, Platten, 3-dim Strukturen)
 - Stationäre Wärmeleitung (z.B. beim Heizelementschweißen)
 - Probleme der Strömungsmechanik

Eindimensionale Finite-Element Formulierung

- Galerkinverfahren
- Die FEM als Näherungsverfahren, "lokale" und "globale" Sichtweise der FEM (Elementsteifigkeitsmatrix und Systemsteifigkeitsmatrix), Eigenschaften der Matrizen

Zwei- und dreidimensionale Finite-Element Formulierung

- Galerkinverfahren
- Die FEM als Näherungsverfahren in einer "lokalen" Sichtweise, (Elementsteifigkeitsmatrix und Systemsteifigkeitsmatrix), Eigenschaften der Matrizen
- Das isoparametrische Konzept
- Darstellung am Beispiel des Wärmeleitproblems und des Elastizitätsproblems

Einführung in gemischte Formulierungen

- Unzulänglichkeiten der Standard FE-Methode ("Volumen-Locking", "Schub-Locking") bei InkompRESSibilität

	<ul style="list-style-type: none"> - Gemischte Element Formulierungen <p>Einführung in adaptive Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> - A priori und a posteriori Fehlerschätzer - Anwendungen auf elastische und thermische Probleme <p>Anwendungen der FEM in Pre- und Post-Processing</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einführung in ABAQUS-CAE - Pre-processing einfacher geometrischer Strukturen - Variation der Materialien, der Elementtypen, der Vernetzung - Durchführen der FEM-Analyse, die stationäre Wärmeleitung, Balken, Platten, Scheibenprobleme, - Post-Processing, Kritische Bewertung der "bunten Bilder", Vergleich mit analytischen Lösungen
4	Lehrformen Das Modul umfasst Vorlesungen und Übungen sowie Selbststudium.
5	Gruppengröße Vorlesung 10-30 TN, Übung 10-30 TN
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) keine
7	Empfohlene Vorkenntnisse <ul style="list-style-type: none"> a) Wärme- und Stoffübertragung b) keine c) keine d) Thermodynamik 1 e) Wärme- und Stoffübertragung, Rechnergestützte Modellierung in der Fluidverfahrenstechnik f) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung g) Thermodynamik 1, Thermodynamik 2 h) Grundkenntnisse in Mechanik und Mathematik
8	Prüfungsformen Das Modul wird mit je einer lehrveranstaltungsbezogenen Klausur (Umfang 2-4 h) oder einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5-0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt.
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich.
10	Modulbeauftragter Kenig

5.5 Verfahrenstechnik 2: Apparate

Verfahrenstechnik 2: Apparate					
Modulnummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	360 h	12	7.-10. Sem.	Jedes Semester	2 Sem.
1	Lehrveranstaltungen a) Anlagentechnik (Pflichtfach) (V2/Ü1) Aus den folgenden Veranstaltungen sind von den Studierenden zwei zu wählen: b) Industrieantriebe (V2/Ü1) c) Reaktive Trennverfahren (V2/Ü1) d) Apparatebau (V2/Ü1) e) Aufbau technischer Werkstoffe (V2/Ü1) f) Produktanalyse(V2/Ü1) g) Sicherheitstechnik und -management (V3) h) Konstruktive Gestaltung (V2/Ü1)			Kontaktzeit 45 h	Selbststudium 75 h
				45 h	75 h
				45 h	75 h
				45 h	75 h
				45 h	75 h
				45 h	75 h
				45 h	75 h
				45 h	75 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen				

	<p>Insgesamt sollen die Studierenden einen Überblick über den Stand der Auslegung von Apparaten in der Verfahrenstechnik sowie Kunststofftechnik bekommen. Wichtige Kenntnisse umfassen dabei</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prozesstechnik • Werkstoffkunde • Aufbau technischer Apparate • Arbeitsschutz und Methoden der Risiko- und Gefahrenanalyse. <p>Die Studierenden sollen dabei die folgenden Kompetenzen erwerben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erlernung grundlegender Gestaltungsprinzipien verfahrenstechnischer Apparate • Kenntnisse über Arbeitssicherheit und verfahrenstechnisch relevante Schutzmaßnahmen
3	<p>Inhalte</p> <p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Überblick - Bedarf und Planungsziele - Technische Konzeption - Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen - Projektabwicklung - Rechtliche Bestimmungen <p>b)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arbeitsprozesse, Lastkollektive - Elektrische Maschinen - Kupplungen/Bremsen - Auslegung, Gestaltung und Anwendung von Getriebemotoren - Antriebe mit Frequenzumrichter <p>c)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen der physikalischen und chemischen Gleichgewichte - Kopplung von Transportprozessen und Reaktionen - Thermodynamisch-topologische Analyse - Modellierungsmethoden - Reaktivdestillation - Reaktivabsorption - reaktives Strippen - Reaktivextraktion <p>d)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berechnungsgrundlagen - Elemente von Apparaten - Verbindung und Formgebung - Werkstoffe - Wärmeübertrager - Trockner - Reaktoren <p>e)</p> <p>Hochfeste Werkstoffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maraging Stähle - Manganhartstähle / metastabile austenitische Stähle - Hochfeste Aluminiumlegierungen - Titanlegierungen <p>Hochtemperaturwerkstoffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ferritische Chromstähle - austenitische Stähle - Nickelbasis-Superlegierungen - Hochtemperaturkeramik

	<p>f)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Charakterisierung von Messproblem und Messverfahren 2. Probenahme 3. Moderne Verfahren zur Partikelgrößenanalyse (Licht- u. Elektronenmikroskopie, statische Lichtstreuung, SMPS, Impaktor, dynamische Lichtstreuung) 4. Charakterisierung sonstiger Partikeleigenschaften (Oberfläche, Zeta-Potential, Geschwindigkeit). 5. On-line Messtechnik 6. Produktcharakterisierung und Korrelation von Partikel-Produkteigenschaften (z.B. Rheologie von Suspensionen, Fließverhalten von Pulvern, Durchströmbarkeit, Farbwirkung von Pulvern und Suspensionen) <p>g)</p> <p>Teil 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gefahrenfelder und Risikowahrnehmung in der gesellschaftlichen Entwicklung 2. Rechtliche und sonstige Rahmenbedingungen 3. Organisation der Anlagensicherheit in einem Unternehmen 4. Bedeutung der Unternehmenskultur 5. Arbeitsschutz 6. Baulicher Brandschutz 7. Faktor Mensch, Wissensmanagement 8. Methodische Kompetenz der Risikobewertung 9. Krisenmanagement/Krisenkommunikation <p>Teil 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Methoden der Risiko- und Gefahrenanalyse 2. Sicherheitsbarrieren / inhärente Sicherheit 3. Explosionsschutz bei Gasen und Stäuben, Elektrostatik 4. Identifizierung von und Umgang mit thermisch instabilen Stoffen 5. Sicherheit chemischer Reaktionen 6. Absicherung mit PLT-Maßnahmen 7. Schutzmaßnahme Druckentlastung 8. Bewertung der Auswirkung von Energie- und Stofffreisetzungen <p>h)</p> <p>Die Gestaltung wird unter folgenden Anforderungen betrachtet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen - Gestaltungsprinzipien - Beanspruchungsgerecht - Werkstoffgerecht - Fertigungsgerecht - Montagegerecht
4	<p>Lehrformen</p> <p>Das Modul umfasst Vorlesungen und Übungen sowie Selbststudium.</p>
5	<p>Gruppengröße</p> <p>Vorlesung 10-90 TN, Übung 10-90 TN</p>
6	<p>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</p> <p>keine</p>
7	<p>Empfohlene Vorkenntnisse</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Thermische Verfahrenstechnik I: Grundlagen, Mechanische Verfahrenstechnik I: Grundlagen b) Technische Darstellung, Maschinenelemente: Grundlagen, Maschinenelemente: Antriebstechnik c) Thermische Verfahrenstechnik I: Grundlagen, Wärme- und Stoffübertragung d) Thermische Verfahrenstechnik I: Grundlagen e) Werkstoffkunde 1, Werkstoffkunde 2 für Wirtschaftsingenieurwesen und Chemieingenieurwesen f) Mechanische Verfahrenstechnik I: Grundlagen g) keine h) Technische Darstellung, Maschinenelemente-Grundlagen

8	Prüfungsformen Das Modul wird mit je einer lehrveranstaltungsbezogenen Klausur (Umfang 2-4 h) oder einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5-0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt.
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich. Bei Wahl der Lehrveranstaltung <i>Aufbau technischer Werkstoffe</i> ist Voraussetzung für die Prüfung die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum (Testat).
10	Modulbeauftragter Kenig

5.6 Verfahrenstechnik 3: Prozesse

Verfahrenstechnik 3: Prozesse					
Modulnummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	360 h	12	7.-10. Sem.	Jedes Semester	2 Sem.
1	Lehrveranstaltungen a) Prozessmodellierung und -simulation (Pflichtfach) (V1/Ü3) Aus den folgenden Veranstaltungen sind von den Studierenden zwei zu wählen: b) Vertiefende Themen der Physikalischen Chemie (V2/P1) c) Partikelsynthese (V2/Ü1) d) Sicherheitstechnik und -management (V3) e) Mehrphasenströmung (V2/Ü1) f) Polymerreaktionstechnik und deren Anwendung (V2/Ü1) g) Berechnung von Stoffdaten (V1/Ü2) h) Rheologie (V2/P1)			Kontaktzeit 45 h	Selbststudium 75 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Insgesamt sollen die Studierenden einen Überblick über den Stand der modernen Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Verfahrenstechnischen Prozesse bekommen. Wichtige Kenntnisse umfassen dabei <ul style="list-style-type: none"> • die Modellierung und Simulation von Prozessen • die Rheologie • Polymerisationsprozesse • Arbeitsschutz und Methoden der Risiko- und Gefahrenanalyse Die Studierenden sollen dabei die folgenden Kompetenzen erwerben: <ul style="list-style-type: none"> • Verständnis für verfahrenstechnische Prozesse und das Zusammenwirken unterschiedlichster Unit Operations • Experimentelle Untersuchung physikalischer Problemstellungen • Erlernung der Grundlagen moderner Modellierungsmethoden • Kenntnisse über Arbeitssicherheit und für unterschiedliche Bereiche relevante Schutzmaßnahmen 				
3	Inhalte a) <ol style="list-style-type: none"> 1. Grundlagen der modernen Modellierungsmethoden 2. AspenTech Aspen Plus <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen - Anwendungen, Beispiele 3. SolidSim <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen - Anwendungen, Beispiele 4. CiT PREDICI <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen 				

- Anwendungen, Beispiele

b)

Die Studierenden wählen aus einer der folgenden Veranstaltungen:

- Streuung und Mikroskopie
- Spezielle Themen aus dem Bereich der Thermodynamik
- Thermodynamik von Polymerlösungen
- Flüssigkristalle
- Spezielle spektroskopische Methoden

Das Praktikum umfasst fortgeschrittene Versuche, z. B. Boltzmann-Statistik (Ordnungsgrad eines Flüssigkristalls), Molwärme und Entropie eines Festkörpers (Aluminium), Dipolmoment, Lichtstreuung an Nanopartikeln, Flüssigkristalle (z. B. cholesterische Flüssigkristalle: eindimensionale photonische Kristalle).

c)

1. Relevante Elementarprozesse

- o) Homogene Keimbildung
- p) Heterogene Keimbildung
- q) Agglomeration
- r) Bruch
- s) Wachstum
- t) Sintern
- u) Ostwald-Reifung

2. Nasschemische Partikelsynthese

- e) Fällung
- f) Kristallisation

3. Gasphasensynthese

- i) Heißwandreaktor
- j) Flammensynthese
- k) Plasmareaktor
- l) Laserverdampfung

d)

Teil 1

1. Gefahrenfelder und Risikowahrnehmung in der gesellschaftlichen Entwicklung
2. Rechtliche und sonstige Rahmenbedingungen
3. Organisation der Anlagensicherheit in einem Unternehmen
4. Bedeutung der Unternehmenskultur
5. Arbeitsschutz
6. Baulicher Brandschutz
7. Faktor Mensch, Wissensmanagement
8. Methodische Kompetenz der Risikobewertung
9. Krisenmanagement/Krisenkommunikation

Teil 2

1. Methoden der Risiko- und Gefahrenanalyse
2. Sicherheitsbarrieren / inhärente Sicherheit
3. Explosionsschutz bei Gasen und Stäuben, Elektrostatik
4. Identifizierung von und Umgang mit thermisch instabilen Stoffen
5. Sicherheit chemischer Reaktionen
6. Absicherung mit PLT-Maßnahmen
7. Schutzmaßnahme Druckentlastung
8. Bewertung der Auswirkung von Energie- und Stofffreisetzungen

e)

Einführung und Begriffsdefinitionen
 Verdünnte Mehrphasenströmungen
 - Beispiele
 - Bewegung von Einzelpartikeln
 - Modellierung bei niedrigen Konzentrationen
 Konzentrierte Mehrphasenströmungen
 - Beispiele
 - Verschiedene Strömungsformen
 - Modellierung bei hohen Konzentrationen
 Messung in Mehrphasenströmungen
 - Partikelkonzentration
 - Partikel- und Fluidgeschwindigkeit
 - Partikelgrößenverteilung

f)

- Grundprobleme der Polymerisationstechnik: Wärmebilanzen; Viskosität; Reinheit der Ausgangssubstanzen und der Produkte; Übersicht über die wichtigsten technischen Polymerisationsverfahren zur Herstellung von Massepolymerisaten; Einfluss des Reaktors auf Umsatz und Molmassenverteilung
- Polykondensation
- Radikalische Polymerisation
- Copolymerisation
- Ionische Polymerisation
- Thermodynamik von Polymersystemen
- Koordinations-Polymerisation
- Polymerisationsprozesse
- Polymerisation: Transport-Prozesse

g)

1 Einführung

- Stoffwertberechnung für fluide Stoffe
- Gleichgewichts- und Stabilitätsbedingungen
- Zustandsfläche

2 Grundlagen der Thermodynamik der Mischungen

3 Zustandsgleichungen und Prinzip der korrespondierenden Zustände

- Kubische Zustandsgleichungen
- Modifizierte Virialgleichungen
- pVT-Datenberechnung nach dem Korrespondenzprinzip
- Zustandsgleichungen auf Basis der statistischen Thermodynamik

4 Phasengleichgewichtsberechnungen

- mit Zustandsgleichungen
- mit Methoden der lokalen Zusammensetzung (Wilson, NRTL, UNIFAC,...)

5 Berechnung der Stoffdaten für reine Stoffe (Einstoffsysteme)

- Berechnung der thermischen Eigenschaften (pVT-Daten)
- Berechnung von kalorischen Eigenschaften
- Berechnung weiterer abgeleiteter Größen

6 Berechnung der Stoffdaten für Mischungen

- Mischungsregeln: Arten, Vergleich
- Ideale Mischungen, Exzeßgrößen
- Berechnungsbeispiele

7 Oberflächenspannung, Transportgrößen (,Viskosität, Wärmeleitfähigkeit,...)

8 Datenbanken (DDBST,...)

9 Kommerzielle Programme (REFPROP, Fluidcal,...)

h)

1. Rheologische Grundkörper

	<ul style="list-style-type: none"> - Viskosität, Elastizität, Plastizität - Newton-, Hooke-, St.Venant-, Maxwell-Körper,... 2. Rotations-Rheometer - Koaxial-, Kegel/Platte-, Platte/Platte-Rheometer 3. Schwing-Rheometer - Komplexe Größen - Versuchsdurchführungen 4. Kapillar-Rheometer, Sonderbauarten - Bauarten - Bagley- und Schümmer-Korrektur 5. Temperatur- und Druckabhängigkeit rheologischer Phänomene - Gase, nieder- und hochmodulare Flüssigkeiten - Zeitverhalten, Barus-Effekt usw. 6. Dehnrheometer - Bauarten. Meßgrößen. Deutungen 7. Daten-Verarbeitung, Approximationsfunktion - Versuchspläne, Darstellungen, Funktionstypen 8. Suspensions- und Emulsions-Rheologie - Meßvorschriften, Einflußgrößen, Gleitung, Grenzflächen - Mischungs-Rheologie, Morphologie, Tropfenzerkleinerung
4	Lehrformen Das Modul umfasst Vorlesungen, Übungen und Praktika sowie Selbststudium.
5	Gruppengröße Vorlesung 10-40 TN, Übung 10-40 TN, Praktikum 3-10 TN
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) keine
7	Empfohlene Vorkenntnisse <ul style="list-style-type: none"> a) Einführung in die Verfahrenstechnik, Empfehlung: Master-Modul Unit Operations b) Physikalische Chemie c) Mechanische Verfahrenstechnik I: Grundlagen, Wärmeübertragung, Stoffübertragung, Chemische Verfahrenstechnik I d) keine e) Fluidmechanik f) Makromolekulare Chemie I, Chemische Verfahrenstechnik I g) Thermodynamik 1, Thermodynamik 2 h) Fluidmechanik
8	Prüfungsformen Das Modul wird mit je einer lehrveranstaltungsbezogenen Klausur (Umfang 2-4 h) oder einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5-0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt. Bei Wahl der Veranstaltung <i>Vertiefende Themen der Physikalischen Chemie</i> wird die Prüfungsleistung in Form einer Posterpräsentation oder eines Kurzvortrages erbracht. Bei Wahl der Veranstaltung <i>Polymerreaktionstechnik und deren Anwendung</i> ist eine semesterbegleitende Studienleistung zu erbringen (Vortrag, Heimarbeit o. ä.).
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich.
10	Modulbeauftragter Schmid

5.7 Kunststofftechnik 1: Verfahren

Kunststofftechnik 1: Verfahren					
Modulnummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	360 h	12	7.-10.	Jedes Semester	2 Sem.

		Sem.		
1	Lehrveranstaltungen a) Kunststofftechnologie 1 (Pflichtfach) (V2/Ü1) Aus den folgenden Veranstaltungen sind von den Studierenden zwei zu wählen: b) Kunststofftechnologie 2 (V2/Ü1) c) Fügen von Kunststoffen (V2/P1) d) Mehrkomponententechnik (V2/Ü1) e) Kunststoffproduktentwicklung (V2/Ü1) f) Simulationsverfahren der Kunststofftechnik (V1/Ü2) g) Standardverfahren Spritzgießen (V2/Ü1) h) Standardverfahren Extrusion (V2/Ü1)		Kontaktzeit 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h	Selbststudium 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Insgesamt sollen die Studierenden einen Überblick über den Stand der modernen Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Kunststofftechnik bekommen. Wichtige Kenntnisse umfassen dabei <ul style="list-style-type: none"> • vertiefende Kenntnisse der Kunststofftechnologie • Fügeverfahren • Veredelungsverfahren • Sonderverfahren • Simulationsverfahren in der Kunststofftechnik • den generellen Aufbau von Anlagen zur Herstellung von Kunststoffprodukten (Spritzgießanlagen, Extrusionsanlagen) Die Studierenden sollen dabei die folgenden Kompetenzen erwerben: <ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende Kompetenzen in der Kunststofftechnologie • Praktischer Umgang mit Kunststoffen und deren Verarbeitungsmaschinen (Schweißen, Kleben, Fügen, Sonderverfahren) 			
3	Inhalte a) 1 Erhaltungssätze 2 Stoffdaten für die mathematische Beschreibung von Verarbeitungsprozessen 3 Einfache isotherme Strömungen 4 Nichtisotherme Strömungen 5 Verarbeitung auf Schneckenmaschinen (Feststoffördern - Aufschmelzen und Schmelzeförderung, Prozessverhalten) 6 Strömung in Werkzeugen 7 Kühlen 8 Kalandrieren 9 Spritzgießen von Thermoplasten 10 Spritzgießen von Duromeren 11 Fließpressen b) 1 Thermoformen: Erwärmen (Kontakt-, Konvektions-, Strahlungserwärmung, Umformen und Umformtechniken), Kühlen, Thermoformbarkeit 2 Beschichten mit Kunststoffen, d. h. Pasten, Schmelzen und Pulvern, Grundlagen der Auftragstechniken 3 Beschichten von Kunststoffen mit Metallen durch Verdampfen und Galvanisieren 4 Beschichten mit Kunststofffasern im elektrischen Feld 5 Schweißen von Kunststoffen durch Wärmeleitung und Reibung am Beispiel des Heizelementschweißens und Ultraschallschweißens c) 1 Adhäsion: Physikalische und chemische Wechselwirkung, Adhäsionstheorie, Diffusionstheorie, Haftungskriterien 2 Schweißen von Kunststoffen: Wärmekontaktverfahren (Heizelemente, Wärmeimpulsschweißen), Heizeilschweißen, Reibschweißverfahren (Ultraschall-, Vibrations-, Rotations-, Orbitalschweißen), Strahlungsschweißen (Laserstrahl-			

Hellstrahlerschweißen), Konvektionsschweißen (Wärmegas-, Extrusionsschweißen), elektrische Schweißverfahren (Widerstands-, Hochfrequenz-, Induktionsschweißen), Prüfen von Schweißverbindungen (Kurzzeit-, Langzeitverhalten)

3 Kleben von Kunststoffen:

Klebstoffarten, Klebnahtgestaltung, Haftung, Verfahrensschritte, Vorbehandeln, Auftragen, Ablüften, Fügen und Verfestigen bzw. Aushärten, einfache Berechnungsgrundlagen

4 Mechanische Verbindungen:

Schnappverbindungen, Nut- und Schraubverbindungen

5 Kraftschlüssige Verbindungen:

Preßverbindungen, Kenngrößen, Berechnungsgrundlagen

d)

- Verträglichkeit unterschiedlicher Werkstoffe
- Berechnung von einfachen Mehrphasenströmungen
- Co-Extrudate
- Coextrusionswerkzeuge
- Mehrfarbenspritzgießen
- Sandwichspritzgießen
- Gasinnendruckspritzguß und Wasserinjektionstechnik
- Schäumen
- Abkühlberechnung an Mehrkomponentenwerkstoffen

e)

Allgemeine Gestaltungsregeln Mechanische Eigenschaften und Kennwerte Verbindungstechnik: Nieten, Schrauben, Schnappverbindungen, Gewindegestaltung, etc.

f)

- 1 Erhaltungssätze
- 2 Kombination der Erhaltungssätze mit der Materialbeschreibung
- 3 Übertragung auf die FE-Theorie
- 4 Wärmeübergangsmechanismen in der Kunststofftechnik
- 5 FE-Analyseprogramme: C-Mold, Polyflow, Antras
- 6 Wärmeübergangsberechnungen
- 7 Kühlstreckenberechnungen
- 8 Modelltheorie

g)

- Einleitung
- Plastifiziereinheit
- Schließereinheit
- Antriebssysteme von Spritzgießmaschinen
- Maschinensteuerung
- Wirtschaftliche Bedeutung zu Metalldruckguss
- Verfahrensablauf
- Spritzgießen reagierender Formmassen
- Trocknen
- Bauteileigenschaften / Verfahrensparameter
- Schwindung und Verzug
- Werkzeugtechnik

h)

- Genereller Aufbau von Extrusionsanlagen
- Extruderbauarten und ihre Fördercharakteristik
- Folienanlagen und verwandte Verfahren
- Rohranlagen und verwandte Verfahren
- Spinnfaseranlagen und verwandte Verfahren

	<ul style="list-style-type: none"> • Auslegung von Extrusionswerkzeugen • Abkühlung von Extrusionsprodukten • Granulatversorgung • Schmelzefilter und Zahnradpumpen
4	Lehrformen Das Modul umfasst Vorlesungen, Übungen und Praktika sowie Selbststudium.
5	Gruppengröße Vorlesung 10-50 TN, Übung 10-60 TN, Praktikum 15-20 TN
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) keine
7	Empfohlene Vorkenntnisse a) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung b) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung c) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung d) Standardverfahren Spritzgießen, Standardverfahren Extrusion e) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung, Kunststofftechnologie 1 f) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung g) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung h) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung
8	Prüfungsformen Das Modul wird mit je einer lehrveranstaltungsbezogenen Klausur (Umfang 2-4 h) oder einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5-0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt.
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich.
10	Modulbeauftragter Moritzer

5.8 Kunststofftechnik 2: Materialien

Kunststofftechnik 2: Materialien					
Modulnummer	Workload	Credits	Studiensemester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	360 h	12	7.-10. Sem.	Jedes Semester	2 Sem.
1	Lehrveranstaltungen a) Kunststofftechnologie 2 (Pflichtfach) (V2/Ü1) Aus den folgenden Veranstaltungen sind von den Studierenden zwei zu wählen: b) Kunststofftechnologie 1 (V2/Ü1) c) Faserverbundmaterialien (V2/P1) d) Werkstoffkunde der Kunststoffe (V2/P1) e) Mehrkomponententechnik (V2/Ü1) f) Kautschukverarbeitung (V2/Ü1) g) Kunststoffproduktentwicklung (V2/Ü1) h) Materialsimulation (V2/Ü1)			Kontaktzeit 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h 45 h	Selbststudium 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h 75 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Insgesamt sollen die Studierenden einen Überblick über den Stand der modernen Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Kunststofftechnik bekommen. Wichtige Kenntnisse umfassen dabei <ul style="list-style-type: none"> • vertiefende Kenntnisse der Kunststofftechnologie • umfassende Kenntnis der mechanischen und physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe • vertiefende Kenntnisse von Faserverbundmaterialien • verfahrenstechnische Analyse von Mischprozessen und der Kautschukextrusion Die Studierenden sollen dabei die folgenden Kompetenzen erwerben: <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über die unterschiedlichen Kunststoffwerkstoffe 				

<ul style="list-style-type: none"> Praktischer Umgang mit verschiedenen Materialien und deren Anwendung 	
3	<p>Inhalte</p> <p>a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Thermoformen: Erwärmen (Kontakt-, Konvektions-, Strahlungserwärmung, Umformen und Umformtechniken), Kühlen, Thermoformbarkeit 2 Beschichten mit Kunststoffen, d. h. Pasten, Schmelzen und Pulvern, Grundlagen der Auftragstechniken 3 Beschichten von Kunststoffen mit Metallen durch Verdampfen und Galvanisieren 4 Beschichten mit Kunststofffasern im elektrischen Feld 5 Schweißen von Kunststoffen durch Wärmeleitung und Reibung am Beispiel des Heizelementschweißens und Ultraschallschweißens <p>b)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Erhaltungssätze 2 Stoffdaten für die mathematische Beschreibung von Verarbeitungsprozessen 3 Einfache isotherme Strömungen 4 Nichtisotherme Strömungen 5 Verarbeitung auf Schneckenmaschinen (Feststoffördern - Aufschmelzen und Schmelzeförderung, Prozessverhalten) 6 Strömung in Werkzeugen 7 Kühlen 8 Kalandrieren 9 Spritzgießen von Thermoplasten 10 Spritzgießen von Duromeren 11 Fließpressen <p>c)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verstärkungsfasern • Textile Halbzeuge • Kunststoffe als Matrices • Eigenschaften von faserverstärkten Kunststoffen (Faser und Matrix im Verbund) • Herstell- und Verarbeitungsverfahren <p>d)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung und Einteilung 2. Chemische Grundlagen polymerer Werkstoffe 3. Thermisch-mechanische Zustandsbereiche 4. Heterogene Werkstoffe 5. Mechanische Eigenschaften der Kunststoffe 6. Physikalische Eigenschaften der Kunststoffe 7. Additive 8. Einzelne Materialien und ihre Anwendungen 9. Datenbanken <p>e)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verträglichkeit unterschiedlicher Werkstoffe - Berechnung von einfachen Mehrphasenströmungen - Co-Extrudate - Coextrusionswerkzeuge - Mehrfarbenspritzgießen - Sandwichspritzgießen - Gasinnendruckspritzguß und Wasserinjektionstechnik - Schäumen - Abkühlberechnung an Mehrkomponentenwerkstoffen <p>f)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rohstoffe der Kautschukindustrie

	<ul style="list-style-type: none"> • Charakterisierung verarbeitungsrelevanter Stoffeigenschaften • Mischen • Verfahrenstechnische Analyse des Mischprozesses im Innenmischer • Extrudieren von Elastomeren • Verfahrenstechnische Analyse der Kautschukextrusion • Formteilherstellung <p>g) Allgemeine Gestaltungsregeln Mechanische Eigenschaften und Kennwerte Verbindungstechnik: Nieten, Schrauben, Schnappverbindungen, Gewindegestaltung, etc.</p> <p>h) Modellgleichungen der Viskoelastizität - Definition der Viskoelastizität ("die Gleichgewichtsspannung") - Grundmodule ("Hooke"- , Dämpfer), zusammengesetzte Module (Maxwell Element) - Dreidimensionale Modellierung (Deviatorische und volumetrische Aufteilung der Spannungs- und Verzerrungstensoren) - Möglichkeiten des Programms Abaqus Modellgleichungen der Viskoplastizität - Definition der Viskoplastizität ("die statische Fließspannung") - Grundmodule ("Hooke"- , Dämpfer- und Reibelement), zusammengesetzte Module - Dreidimensionale Modellierung (Deviatorische und volumetrische Aufteilung der Spannungs- und Verzerrungstensoren) - Möglichkeiten des Programms Abaqus Mehrdimensionale Finite Element Formulierung - Das Variationsproblem , Galerkinverfahren - Ansatzfunktionen auf Elementebene, das isoparametrische Konzept - Lösungsverfahren nichtlinearer Problemstellungen, Möglichkeiten des Programms Abaqus Einführung in Kontaktalgorithmen (optional) Einführung in gemischte FE-Ansätze (optional) Einführung in geometrisch nichtlineare Problemstellungen (optional) Anwendungen der FEM in Pre- und Post-Processing - Pre-processing einfacher geometrischer Strukturen mit Abaqus CAE - Viskoelastisches Verhalten dreidimensionaler FE-Strukturen - Viskoplastisches Verhalten dreidimensionaler FE-Strukturen - Variation der Materialien, der Elementtypen, der Vernetzung - Simulation von Kriech- und Relaxationsprozessen - Gekoppelte thermisch- mechanische Simulationen - Simulation von Umformprozessen mit grossen plastischen Verformungen - Post-Processing</p>
4	Lehrformen Das Modul umfasst Vorlesungen, Übungen und Praktika sowie Selbststudium.
5	Gruppengröße Vorlesung 10-40 TN, Übung 10-40 TN, Praktikum 12 TN
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) keine
7	Empfohlene Vorkenntnisse a) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung b) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung c) Werkstoffkunde der Kunststoffe d) Grundlagen der Verfahrenstechnik und der Kunststoffverarbeitung e) Standardverfahren Spritzgießen, Standardverfahren Extrusion f) keine g) Grundlagen der Kunststoffverarbeitung, Kunststofftechnologie 1 h) Grundkenntnisse in Mechanik und Mathematik, FEM 1
8	Prüfungsformen

	Das Modul wird mit je einer lehrveranstaltungsbezogenen Klausur (Umfang 2-4 h) oder einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5-0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt.
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich.
10	Modulbeauftragter Moritzer

5.9 Makromolekulare und Technische Chemie

Makromolekulare und Technische Chemie					
Modulnummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
wird ergänzt	360 h	12	7.-10. Sem.	Jedes Semester	2 Sem.
1	Lehrveranstaltungen a) Makromolekulare Chemie 1 (Pflichtfach) (V2) Aus den folgenden Veranstaltungen sind von den Studierenden drei zu wählen: b) Makromolekulare Chemie 2 (V2) c) Polymeranalytik (V2/P1) d) Polymerreaktionstechnik (V2) e) Modellierung und Simulation in der Polymerreaktionstechnik (V2) f) Kräfte und Strukturen an Grenzflächen (V3) g) Transport und Reaktionen an polymeren Grenzflächen (V2/Ü1)			Kontaktzeit 30 h 30 h 45 h 30 h 30 h 45 h 45 h	Selbststudium 60 h 60 h 45 h 60 h 60 h 45 h 45 h
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Insgesamt sollen die Studierenden einen Überblick über den Stand der modernen Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Makromolekularen und Technischen Chemie bekommen. Wichtige Kenntnisse umfassen dabei <ul style="list-style-type: none"> • Kettenstruktur in Schmelze und Lösung • Grundprobleme der Polymerisationstechnik • Polymerisationsprozesse • Festkörperoberflächen und Grenzflächen Die Studierenden sollen dabei die folgenden Kompetenzen erwerben: <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse und Methoden zur Charakterisierung und Molmassenbestimmung in Lösungen. • Verständnis der Transportmechanismen in polymeren Werkstoffen • Umsetzung von Polymerprozessen in industriellen Produktionsprozessen • Kenntnisse in der Bewertung von Polymereigenschaften in Bezug auf deren chemische Struktur 				
3	Inhalte a) Herstellung von Polymeren, Molmassen und Molmassenverteilung, Stufen- und Kettenreaktionen, Grundlagen der Polykondensation und -addition sowie der radikalischen und ionischen Polymerisation, Copolymerisation, koordinative Polymerisation, Methoden zur Charakterisierung und Molmassenbestimmung in Lösung. b) Kettenstruktur in Schmelze und Lösung (Fadenendenabstand, Trägheitsradien, Theta-Lösungsmittel, gute Lösungsmittel), Flory-Huggins Theorie, Skalengesetze nach de Gennes, Thermische Eigenschaften (T _g , T _m) und Mechanische Eigenschaften (viskoelastisches Verhalten von Thermoplaste, Duromere, Elastomere, Schäume), Polymernetzwerke. Hochleistungspolymere (thermische und mechanische Eigenschaften), Elektrisch leitfähige Polymere, Optisches Verhalten von Polymeren, Polymerpartikel, Faserbildende Polymere. c)				

	<p>Chemische Identifizierung durch Spektroskopie geladener Teilchen (ESCA-, Auger-Elektronen und SIMS), sowie durch Spektroskopie elektromagnetischer Wellen (IR- und NMR-Spektroskopie); Molmassenanalytik (GPC, Ultrazentrifuge, Massenspektroskopie, kolligative Eigenschaften und Lichtstreuung); Strukturelle Charakterisierung von Polymeren mittels NMR (Taktizität) und mittels Streumethoden (Radien, Formfaktoren).</p> <p>d)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundprobleme der Polymerisationstechnik: Wärmebilanzen; Viskosität; Reinheit der Ausgangssubstanzen und der Produkte; Übersicht über die wichtigsten technischen Polymerisationsverfahren zur Herstellung von Massepolymerisaten; Einfluss des Reaktors auf Umsatz und Molmassenverteilung • Polykondensation • Radikalische Polymerisation • Copolymerisation • Ionische Polymerisation • Thermodynamik von Polymersystemen • Koordinations-Polymerisation • Polymerisationsprozesse • Polymerisation: Transport-Prozesse <p>e)</p> <p>Radikalische Polymerisation, Copolymerisation, Mathcad®, Predice®, AspenPolymersPlus®</p> <p>f)</p> <p>flüssige Grenzflächen (Kelvin-Gleichung), Nukleation, Festkörperoberflächen und Grenzflächen, Kräfte an Grenzflächen (Molekulare und Kontinuumsbetrachtung), Messmethoden an Oberflächen und Grenzflächen, dünne Schichten</p> <p>g)</p> <p>Transport kleiner Moleküle in Polymeren, Barriereigenschaften und Quellung von Polymeren, Degradationsmechanismen der Polymere, Freisetzungseigenschaften von Polymeren, Haftung von Polymeren.</p>
4	<p>Lehrformen Das Modul umfasst Vorlesungen und Übungen sowie Selbststudium.</p>
5	<p>Gruppengröße Vorlesung 10-100 TN, Übung 10-30 TN</p>
6	<p>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) keine</p>
7	<p>Empfohlene Vorkenntnisse</p> <p>a) Organische Chemie I, Physikalische Chemie b) keine c) Makromolekulare Chemie 1, Physikalischen Chemie d) Makromolekulare Chemie I, Chemische Verfahrenstechnik I e) Makromolekulare Chemie 1, Chemische Verfahrenstechnik I, Mathematik f) keine g) keine</p>
8	<p>Prüfungsformen Das Modul wird mit je einer lehrveranstaltungsbezogenen Klausur (Umfang 2-4 h) oder einer mündlichen Prüfung (Umfang 0,5-0,75 h) abgeschlossen. Die jeweilige Prüfungsform wird vom Prüfungsausschuss festgelegt. Bei Wahl der Veranstaltung <i>Modellierung und Simulation in der Polymerreaktionstechnik</i> wird die Prüfungsleistung durch eine benotete Hausarbeit erbracht.</p>
9	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Es sind keine Vorleistungen erforderlich.</p>
10	<p>Modulbeauftragter Kuckling</p>

6 Projektarbeit

Projektarbeit					
Nummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
(wird ergänzt)	120 h	4	1.- 4. Sem.	Jedes Semester	ca. 3 Wochen
1	Lehrveranstaltungen und Lehrformen Projektarbeit			Kontaktzeit 20 h	Selbststudium 100 h
2	<p>Lernergebnisse (learningoutcomes) / Kompetenzen Die Projektarbeit soll zeigen, dass die Kandidatin oder der Kandidat in der Lage ist, innerhalb einer fest vorgegebenen Zeitdauer die von ihm erworbenen Fähigkeiten praktisch anzuwenden, um eine umgrenzte Aufgabe aus dem wissenschaftlichen Bereich oder einem möglichen Berufsfeld zu lösen.</p> <p>Spezifische Schlüsselkompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenständige Projektarbeit unter Zeitdruck • Problemlösungskompetenz • Projektmanagement 				
3	<p>Inhalte Die Inhalte und die Aufgabenstellung der Projektarbeit werden von dem oder der Prüfenden festgelegt und dem Studierenden schriftlich ausgehändigt.</p>				
4	<p>Lehrformen Projektarbeit, Selbststudium</p>				
5	<p>Gruppengröße Die Projektarbeit kann als Einzelarbeit oder in einem Team durchgeführt werden. Dabei müssen der Inhalt und der Umfang jedoch klar trennbar und bewertbar sein.</p>				
6	<p>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) -</p>				
7	<p>Teilnahmevoraussetzung -</p>				
8	<p>Prüfungsformen mündliche Prüfung mit einem Umfang von 30 – 45 Minuten</p>				
9	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten -</p>				
10	<p>Modulbeauftragter -</p>				

7 Studienarbeit

Studienarbeit					
Nummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
(wird ergänzt)	450 h	15	1 -4. Sem.	Jedes Semester	ca. 3 Monate
1	Lehrveranstaltungen und Lehrformen 1. Studienarbeit (schriftlicher Teil) 2. Präsentation			Kontaktzeit 40 h 15	Selbststudium 320 h 75 h
2	Lernergebnisse (learningoutcomes) / Kompetenzen Die Studienarbeit soll zeigen, dass die Kandidatin oder der Kandidat in der Lage ist, innerhalb einer fest vorgegebenen Frist ein begrenztes anspruchsvolles Problem selbständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten und zu durchdringen und die Ergebnisse in schriftlicher Form zu dokumentieren. Weiterhin lernt die Kandidatin oder der Kandidat die Ergebnisse wissenschaftlich korrekt zu präsentieren und zu erläutern. Spezifische Schlüsselkompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Eigenständige Projektarbeit unter Zeitdruck • Problemlösungskompetenz • Projektmanagement • Einsatz von Präsentationsmitteln, -techniken sowie Rethorik • Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit 				
3	Inhalte Die Inhalte und die Aufgabenstellung der Studienarbeit werden von dem oder der Prüfenden festgelegt und dem Studierenden schriftlich ausgehändigt.				
4	Lehrformen Projektarbeit, Selbststudium				
5	Gruppengröße Die Studienarbeit wird als Einzelarbeit durchgeführt.				
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) -				
7	Teilnahmevoraussetzung -				
8	Prüfungsformen schriftliche Ausarbeitung und Präsentation				
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Zur Vergabe der Kreditpunkte müssen sowohl die schriftliche Arbeit als auch die Präsentation mit mindestens 4,0 (ausreichend) bewertet sein.				
10	Modulbeauftragter -				

8 Masterarbeit

Masterarbeit					
Nummer	Workload	Credits	Studien-semester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
(wird ergänzt)	750 h	25	4. Sem.	Jedes Semester	ca. 4 Monate
1	Lehrveranstaltungen und Lehrformen 1. Masterarbeit (schriftlicher Teil) 2. Kolloquium			Kontaktzeit 70 h 15	Selbststudium 580 h 75 h
2	Lernergebnisse (learningoutcomes) / Kompetenzen Die Masterarbeit bildet den Abschluss des Hochschulstudiums und soll zeigen, dass die Kandidatin oder der Kandidat in der Lage ist, innerhalb einer fest vorgegebenen Frist ein komplexes wissenschaftliches Problem selbständig nach wissenschaftlichen Methoden und Regeln zu bearbeiten und zu durchdringen und die Ergebnisse adäquat in schriftlicher Form zu dokumentieren. Weiterhin lernt die Kandidatin oder der Kandidat die Ergebnisse ihrer bzw. seiner Arbeit wissenschaftlich korrekt zu präsentieren und zu erläutern. Spezifische Schlüsselkompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Wissenschaftliches Arbeiten • Eigenständige Projektarbeit unter Zeitdruck • Problemlösungskompetenz • Projektmanagement • Einsatz von Präsentationsmitteln, -techniken sowie Rethorik • Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit 				
3	Inhalte Die Inhalte und die Aufgabenstellung der Masterarbeit werden von dem oder der Prüfenden festgelegt und dem Studierenden schriftlich ausgehändigt.				
4	Lehrformen Projektarbeit, Selbststudium				
5	Gruppengröße Die Masterarbeit wird im Normalfall von einem bzw. einer Studierenden als Einzelarbeit durchgeführt. Im Ausnahmefall kann die Masterarbeit auch als Gruppenarbeit von mehreren Studierenden durchgeführt werden. Dabei müssen der Inhalt und der Umfang jedoch klar trennbar und bewertbar sein.				
6	Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen) -				
7	Teilnahmevoraussetzung Zur Masterarbeit kann nur zugelassen werden, wem nicht mehr als vier veranstaltungsbezogene Prüfungsleistungen im Masterstudiengang Maschinenbau fehlen und wer die Projektarbeit und die Studienarbeit erfolgreich abgeschlossen hat.				
8	Prüfungsformen schriftliche Ausarbeitung und Kolloquium				
9	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen bzw. die Vergabe von Kreditpunkten Zur Vergabe der Kreditpunkte müssen sowohl die schriftliche Arbeit als auch das Kolloquium mit mindestens 4,0 (ausreichend) bewertet sein.				
10	Modulbeauftragter -				