



Modulhandbuch für die Masterstudiengänge (M.Eng.)

Elektrotechnik

Maschinenbau

Nachhaltige Ingenieurwissenschaft

Stand: April 2022

Dekan:

Prof. Dr.-Ing. Johannes Geilen
Tel. +49 2241 865 310
Johannes.Geilen@h-brs.de

Studiengangskoordinator:

Prof. Dr. Gerd Steinebach
Tel. +49 2241 865 330
Gerd.Steinebach@h-brs.de

Fachbereich Elektrotechnik, Maschinenbau
und Technikjournalismus (EMT)
Grantham-Allee 20
53757 Sankt Augustin
Tel. 49 2241 865 301

www.h-brs.de

Inhalt

Änderung und Verbesserung.....	3
Modulstruktur allgemein	4
Master Elektrotechnik – Schwerpunkt Elektrotechnische Systementwicklung	5
Master Maschinenbau – Schwerpunkt Mechatronik	6
Master Maschinenbau – Schwerpunkt Virtuelle Produktentwicklung	7
Master Nachhaltige Ingenieurwissenschaft	8
Höhere Mathematik	9
Physik.....	10
Physik.....	12
Kernmodule	14
Digitale Signalverarbeitung.....	15
Mechatronische Systeme	17
Modellbasierte Simulationstechniken in der Produktentwicklung.....	19
Nachhaltige Systementwicklung	20
Masterprojekt 1	22
Spezialisierungs- und Wahlfachbereich.....	23
Embedded Systems	25
Vernetzte Systeme	27
Ausgewählte Kapitel der Technischen Mechanik	28
Fortgeschrittene Finite Elemente Methoden (FEM).....	29
Digitale Sensorsysteme	30
Aktorik.....	31
Advanced Control Concepts.....	32
Rapid Control Prototyping.....	33
Ausgewählte Kapitel nachhaltiger Technologien	34
Elektrische Energiesysteme	36
Umwelt und Verkehr.....	37
Sektorkopplung	38
Automation	39
Objektorientierte Steuerungstechnik	41
Radioastronomische Instrumentierung	42
Energie 4.0	44
Innovative Werkstofftechnik.....	45
Masterprojekt 2	46
Master-Thesis, Master-Kolloquium	47

Änderung und Verbesserung

Dieses Modulhandbuch gilt für Studierende der Masterstudiengänge Elektrotechnik, Maschinenbau und Nachhaltige Ingenieurwissenschaft mit Studienbeginn ab 2021 nach MPO ET-MB-NI 2020.

Für Studierende der Master Elektrotechnik oder Maschinenbau, die ihr Studium vor 2021 nach MPO 2016 begonnen haben, gilt ein anderes Modulhandbuch.

1. Die Veranstaltung „Sektorkopplung“ erscheint im Modulhandbuch doppelt: Einmal als integrativer Bestandteil des Moduls „Ausgewählte Kapitel nachhaltiger Technologien“ (Pflicht NI), zum anderen als separates „kleines“ Wahlfach für die Master ET und MB. Es handelt sich aber um dieselbe Veranstaltung.
2. Lehrinhalte und Literaturangaben wurden in verschiedenen Modulen aktualisiert.

Bei Fragen zum Modulhandbuch wenden Sie sich bitte an Prof. Dr. Gerd Steinebach (Studiengangskoordinator), im NI-Master an Prof.'in Dr. Stefanie Meilinger, die jeweiligen Fachlehrenden oder an

Dr. Horst Rörig

Fachbereichsreferent

Raum B279

Tel. 02241 / 865-432

horst.roerig@h-brs.de

Modulstruktur allgemein

Allgemeine Modulstruktur der Masterstudiengänge

Sommersemester	Wintersemester	Sommersemester
Höhere Mathematik 10 CP, 6 SWS	Spezialisierungsbereich 12 CP, 8 SWS	Master-Thesis 28 CP Master-Kolloquium 2 CP 2 SWS
Physik 6 CP, 2 SWS + 2 SWS		
Kernmodul 6 CP, 4 SWS	Wahlfachbereich 12 CP, 8 SWS	
Masterprojekt 1 7 CP, 2 SWS	Masterprojekt 2 7 CP, 2 SWS	
29 CP, 16 SWS	31 CP, 18 SWS	30 CP, 2 SWS

Die Physik teilt sich auf in einen allgemeinen und einen fachspezifischen Teil. Module im Spezialisierungs- und Wahlfachbereich können 6 CP / 4 SWS oder 3 CP / 2 SWS umfassen; in der Summe müssen Veranstaltungen im Gesamtumfang von jeweils 12 CP / 8 SWS erbracht werden.

Master Elektrotechnik – Schwerpunkt Elektrotechnische Systementwicklung

Sommersemester	Wintersemester	Sommersemester
Höhere Mathematik 10 CP, 6 SWS	Spezialisierungsbereich (Pflicht), 12 CP, 8 SWS 1. Embedded Systems (6 CP, 4 SWS) 2. Vernetzte Systeme (6 CP, 4 SWS)	Master-Thesis 28 CP Master-Kolloquium 2 CP 2 SWS
Physik 6 CP - Physik (3 CP, 2 SWS) - Technische Elektrodynamik (3 CP, 2 SWS)	Wahlfachbereich 12 CP, 8 SWS, z.B. - Objektorientierte Steuerungstechnik (3 CP, 2 SWS) - Advanced Control Concepts (3 CP, 2 SWS) - Aktorik (3 CP, 2 SWS)	
Kernmodul: Digitale Signalverarbeitung 6 CP - Videosignalverarbeitung und Schaltungsstrukturen (3 CP, 2 SWS) - Angewandte Digitalfilter – Adaptive Filter (3 CP, 2 SWS)	- Digitale Sensorsysteme (3 CP, 2 SWS) - Radioastronomische Instrumentierung (3 CP, 2 SWS) - Energie 4.0 (3 CP, 2 SWS) - Elektrische Energiesysteme (3 CP, 2 SWS)	
Masterprojekt 1 7 CP, 2 SWS	- Umwelt und Verkehr (3 CP, 2 SWS) - Innovative Werkstoffe (3 CP, 2 SWS)	
	Masterprojekt 2 7 CP, 2 SWS	
29 CP, 16 SWS	31 CP, 18 SWS	30 CP, 2 SWS

Studienverlaufsplan Elektrotechnik – Schwerpunkt Elektrotechnische Systementwicklung

Modul		LV	Abschluss	1.	CP	2.	CP	3.	CP
Höhere Mathematik		V/Ü	MP	6	10				
Physik und Elektrodynamik	Physik	S	TMP	2	6				
	Technische Elektrodynamik	V/Ü	TMP	2					
Digitale Signalverarbeitung	Videosignalverarbeitung und Schaltungsstrukturen	S	TMP	2	6				
	Angewandte Digitalfilter – Adaptive Filter	S	TMP	2					
Masterprojekt 1		Pro	MP	2	7				
Spezialisierungsbereich (Pflicht) 12 CP, 8 SWS	Embedded Systems	S	MP			4	6		
	Vernetzte Systeme	S	MP			4	6		
Wahlfachbereich 12 CP, 8 SWS	Wählbar, z.B. - Objektorientierte Steuerungstechnik (3 CP, 2 SWS) - Advanced Control Concepts (3 CP, 2 SWS) - Aktorik (3 CP, 2 SWS) - Digitale Sensorsysteme (3 CP, 2 SWS) - Radioastronomische Instrumentierung (3 CP, 2 SWS) - Energie 4.0 (3 CP, 2 SWS) - Elektrische Energiesysteme (3 CP, 2 SWS) - Umwelt und Verkehr (3 CP, 2 SWS) - Innovative Werkstoffe (3 CP, 2 SWS)		MP MP ...			8	12		
Masterprojekt 2		Pro	MP			2	7		
Master-Thesis + Kolloquium	Master-Thesis Kolloquium							2	28 2
Gesamt				16	29	18	31	2	30

Lehrveranstaltungen (LVA): Vorlesung (V), Übung (Ü), Seminar/Seminaristischer Unterricht (S), Projekt (Pro)

Module im Spezialisierungs- und Wahlfachbereich können 6 CP / 4 SWS oder 3 CP / 2 SWS umfassen; in der Summe müssen in jedem Bereich Veranstaltungen im Gesamtumfang von 12 CP / 8 SWS erbracht werden.

Master Maschinenbau – Schwerpunkt Mechatronik

Sommersemester	Wintersemester	Sommersemester
Höhere Mathematik 10 CP, 6 SWS	Spezialisierungsbereich (Pflicht) 12 CP, 8 SWS 1. Digitale Sensorsysteme (3 CP, 2 SWS) 2. Aktorik (3 CP, 2 SWS) 3. Advanced Control Concepts (3 CP, 2 SWS) 4. Rapid Control Prototyping (3 CP, 2 SWS)	Master-Thesis 28 CP Master-Kolloquium 2 CP 2 SWS
Physik 6 CP - Physik (3 CP, 2 SWS) - Technische Thermodynamik (3 CP, 2 SWS)	Wahlfachbereich 12 CP, 8 SWS, z.B. - Ausgewählte Kapitel der Technischen Mechanik (6 CP, 4 SWS)	
Kernmodul: Mechatronische Systeme 6 CP - Integrierte Mechatronische Systeme (3 CP, 2 SWS) - Integration elektrischer Aktoren (3 CP, 2 SWS)	- Fortgeschrittene FEM (6 CP, 4 SWS) - Automation (6 CP, 4 SWS) - Objektorient. Steuerungstechnik (3 CP, 2 SWS) - Energie 4.0 (3 CP, 2 SWS)	
Masterprojekt 1 7 CP, 2 SWS	- Elektrische Energiesysteme (3 CP, 2 SWS) - Umwelt und Verkehr (3 CP, 2 SWS) - Innovative Werkstoffe (3 CP, 2 SWS) - Nachhaltige Technologien/Sektorkopplung (6 CP, 4 SWS)	
	Masterprojekt 2 7 CP, 2 SWS	
29 CP, 16 SWS	31 CP, 18 SWS	30 CP, 2 SWS

Studienverlaufsplan Maschinenbau – Schwerpunkt Mechatronik

Modul	LV	Abschluss	1.	CP	2.	CP	3.	CP
Höhere Mathematik	V/Ü	MP	6	10				
Physik	S	TMP	2	6				
	V/Ü	TMP	2					
Mechatronische Systeme	S	TMP	2	6				
	S	TMP	2					
Masterprojekt 1	Pro	MP	2	7				
Spezialisierungsbereich (Pflicht) 12 CP, 8 SWS	S	MP			2	3		
	S	MP			2	3		
	S	MP			2	3		
	S	MP			2	3		
Wahlfachbereich 12 CP, 8 SWS		MP			8	12		
		MP						
		MP						
		MP						
		MP						
Masterprojekt 2	Pro	MP			2	7		
Master-Thesis + Kolloquium							2	28
Gesamt			16	29	18	31	2	30

Lehrveranstaltungen (LVA): Vorlesung (V), Übung (Ü), Seminar/Seminaristischer Unterricht (S), Projekt (Pro)

Module im Spezialisierungs- und Wahlfachbereich können 6 CP / 4 SWS oder 3 CP / 2 SWS umfassen; in der Summe müssen in jedem Bereich Veranstaltungen im Gesamtumfang von 12 CP / 8 SWS erbracht werden.

Master Maschinenbau – Schwerpunkt Virtuelle Produktentwicklung

Sommersemester	Wintersemester	Sommersemester
Höhere Mathematik 10 CP, 6 SWS	Spezialisierungsbereich (Pflicht) 12 CP, 8 SWS 1. Ausgewählte Kapitel der Technischen Mechanik (6 CP, 4 SWS) 2. Fortgeschrittene FEM (6 CP, 4 SWS)	Master-Thesis 28 CP Master-Kolloquium 2 CP 2 SWS
Physik 6 CP - Physik (3 CP, 2 SWS) - Technische Thermodynamik (3 CP, 2 SWS)	Wahlfachbereich 12 CP, 8 SWS, z.B. - Objektorientierte Steuerungstechnik (3 CP, 2 SWS) - Digitale Sensorsysteme (3 CP, 2 SWS) - Aktorik (3 CP, 2 SWS)	
Kernmodul: Modellbasierte Simulationstechniken in der Produktentwicklung (6 CP, 4 SWS)	- Automation (6 CP, 4 SWS) - Rapid Control Prototyping (3 CP, 2 SWS) - Advanced Control Concepts (3 CP, 2 SWS) - Energie 4.0 (3 CP, 2 SWS)	
Masterprojekt 1 7 CP, 2 SWS	- Elektrische Energiesysteme (3 CP, 2 SWS) - Umwelt und Verkehr (3 CP, 2 SWS) - Innovative Werkstoffe (3 CP, 2 SWS) - Nachhaltige Technologien/Sektorkopplung (6 CP, 4 SWS)	
	Masterprojekt 2 7 CP, 2 SWS	
29 CP, 16 SWS	31 CP, 18 SWS	30 CP, 2 SWS

Studienverlaufsplan Maschinenbau – Schwerpunkt Virtuelle Produktentwicklung

Modul		LV	Abschluss	1.	CP	2.	CP	3.	CP
Höhere Mathematik		V/Ü	MP	6	10				
Physik	Physik Technische Thermodynamik	S V/Ü	TMP TMP	2 2	6				
Modellbasierte Simulationstechniken in der Produktentwicklung	Modellbasierte Simulationstechniken in der Produktentwicklung	S	MP	4	6				
Masterprojekt 1		Pro	MP	2	7				
Spezialisierungsbereich (Pflicht)	Ausgewählte Kapitel der Technischen Mechanik	S	MP			4	6		
12 CP, 8 SWS	Fortgeschrittene FEM	S	MP			4	6		
Wahlfachbereich	Wählbar, z.B. - Objektorientierte Steuerungstechnik (3 CP, 2 SWS) - Digitale Sensorsysteme (3 CP, 2 SWS) - Aktorik (3 CP, 2 SWS) - Advanced Control Concepts (3 CP, 2 SWS) - Rapid Control Prototyping (3 CP, 2 SWS) - Automation (6 CP, 4 SWS) - Energie 4.0 (3 CP, 2 SWS) - Elektrische Energiesysteme (3 CP, 2 SWS) - Umwelt und Verkehr (3 CP, 2 SWS) - Innovative Werkstoffe (3 CP, 2 SWS) - Nachhaltige Technologien/Sektorkopplung (6 CP, 4 SWS)		MP MP ...			8	12		
12 CP, 8 SWS									
Masterprojekt 2		Pro	MP			2	7		
Master-Thesis + Kolloquium	Master-Thesis Kolloquium							2	28 2
Gesamt				16	29	18	31	2	30

Lehrveranstaltungen (LVA): Vorlesung (V), Übung (Ü), Seminar/Seminaristischer Unterricht (S), Projekt (Pro)

Module im Spezialisierungs- und Wahlfachbereich können 6 CP / 4 SWS oder 3 CP / 2 SWS umfassen; in der Summe müssen in jedem Bereich Veranstaltungen im Gesamtumfang von 12 CP / 8 SWS erbracht werden.

Master Nachhaltige Ingenieurwissenschaft

Sommersemester	Wintersemester	Sommersemester
Höhere Mathematik 10 CP, 6 SWS	Spezialisierungsbereich (Pflicht) 12 CP, 8 SWS 1. Ausgewählte Kapitel nachhaltiger Technologien (6 CP, 4 SWS) 2. Elektrische Energiesysteme (3 CP, 2 SWS) 3. Umwelt und Verkehr (3 CP, 2 SWS)	Master-Thesis 28 CP Master-Kolloquium 2 CP 2 SWS
Physik 6 CP - Physik 3 (3 CP, 2 SWS) - Technische Elektrodynamik (3 CP, 2 SWS)	Wahlfachbereich 12 CP, 8 SWS, z.B. - Objektorientierte Steuerungstechnik (3 CP, 2 SWS) - Advanced Control Concepts (3 CP, 2 SWS) - Aktorik (3 CP, 2 SWS) - Digitale Sensorsysteme (3 CP, 2 SWS) - Energie 4.0 (3 CP, 2 SWS) - Innovative Werkstofftechnik (3 CP, 2 SWS) - Embedded Systems (6 CP, 4 SWS)	
Kernmodul: Nachhaltige Systementwicklung (6 CP) - Modellierung und Quantifizierung von Nachhaltigkeitsfaktoren (3 CP, 2 SWS) - Optimierungsmethoden (3 CP, 2 SWS)		
Masterprojekt 1 7 CP, 2 SWS	Masterprojekt 2 7 CP, 2 SWS	
29 CP, 16 SWS	31 CP, 18 SWS	30 CP, 2 SWS

Studienverlaufsplan Nachhaltige Ingenieurwissenschaft

Modul		LV	Abschluss	1.	CP	2.	CP	3.	CP	
Höhere Mathematik		V/Ü	MP	6 SWS	10					
Physik	Physik	S	TMP	2 SWS	6					
	Technische Elektrodynamik	V/Ü	TMP	2 SWS						
Nachhaltige Systementwicklung	Modellierung und Quantifizierung von Nachhaltigkeitsfaktoren Optimierungsmethoden	S	TMP	2 SWS	6					
		S	TMP	2 SWS						
Masterprojekt 1		Pro	MP	2 SWS	7					
Spezialisierungsbereich (Pflicht) 12 CP, 8 SWS	Ausgewählte Kapitel nachhaltiger Technologien (6 CP)	S	MP			4 SWS	6			
	Elektrische Energiesysteme (3 CP)	S	MP			2 SWS	3			
	Umwelt und Verkehr (3 CP)	S	MP			2 SWS	3			
Wahlfachbereich 12 CP, 8 SWS	Wählbar, z.B. - Objektorientierte Steuerungstechnik (3 CP, 2 SWS) - Advanced Control Concepts (3 CP, 2 SWS) - Aktorik (3 CP, 2 SWS) - Digitale Sensorsysteme (3 CP, 2 SWS) - Energie 4.0 (3 CP, 2 SWS) - Innovative Werkstofftechnik (3 CP, 2 SWS) - Embedded Systems (6 CP, 4 SWS)		MP MP ...			8 SWS	12			
	Masterprojekt 2	Pro	MP			2 SWS	7			
	Master-Thesis + Kolloquium							2 SWS	28 2	
	Gesamt				16 SWS	29	18 SWS	31	2 SWS	30

Lehrveranstaltungen (LVA): Vorlesung (V), Übung (Ü), Seminar/Seminaristischer Unterricht (S), Projekt (Pro)

Module im Spezialisierungs- und Wahlfachbereich können 6 CP / 4 SWS oder 3 CP / 2 SWS umfassen; in der Summe müssen in jedem Bereich Veranstaltungen im Gesamtumfang von 12 CP / 8 SWS erbracht werden.

Höhere Mathematik					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	300 h	10 CP	1.Fachsemester	jedes SoSe	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Vorlesung/Übung	Kontaktzeit 6 SWS / 90 h	Selbststudium 210 h		Gruppengröße 75 (ET, MB, NI)
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden mit vertieften mathematischen Inhalten und Methoden vertraut. Sie sind in der Lage, sich darauf aufbauend neue Gebiete selbstständig zu erarbeiten.</p> <p>Durch die geforderte Abstraktion sollen Gemeinsamkeiten und Querbezüge zwischen unterschiedlichen Anwendungsgebieten erkennbar werden.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Die Lehr-Lern-Form im Modul zielt auf problemlösungsorientierte und methodische Kompetenzen der Studierenden ab (mathematisches Abstraktionsvermögen etc.). Durch eigenständige Übungen, auch am Rechner, werden wissenschaftliches Arbeiten, Abstraktionsvermögen und Problemlösungskompetenz gefördert. Die Diskussion von Lösungen durch die Studierenden fördert die argumentative Verteidigung eigene Ideen.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vektorräume - Differenzial- und Integralrechnung von Funktionen mehrerer Veränderlicher - Vektoranalysis und Integralsätze - Gewöhnliche und partielle Differenzialgleichungen - Integraltransformationen - Numerische Algorithmen 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Die Veranstaltung besteht aus Vorlesungen und Übungen. In Form einer klassischen Mathematikvorlesung werden die wesentlichen Inhalte vorgestellt bzw. hergeleitet und erläutert. Diese sind von den Studierenden eigenständig an Hand von anwendungsorientierten Übungs- und Programmieraufgaben zu vertiefen.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>Inhaltlich: Analysis und lineare Algebra im Umfang von 2 Semestern Mathematik, gute Kenntnisse einer Programmiersprache oder eines Softwarewerkzeuges der Mathematik, z.B. MATLAB oder Julia.</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Mündliche oder schriftliche Prüfung</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der Prüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls</p> <p>Pflichtmodul in den Masterstudiengängen Elektrotechnik, Nachhaltige Ingenieurwissenschaft und Maschinenbau</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote</p> <p>Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</p> <p>Prof. Dr. Gerd Steinebach</p>				
11	<p>Literatur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ch. Karpfinger: Höhere Mathematik in Rezepten, Springer. - K. Meyberg, P. Vachnauer: Höhere Mathematik, Bd.1 und 2, Springer. - G. Bärowolf: Höhere Mathematik für Naturwissenschaftler und Ingenieure, Springer Spektrum. - A. Quarteroni, F. Saleri: Wissenschaftliches Rechnen mit MATLAB. Springer Lehrbuch. - M. Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens, Springer Vieweg. - E. Hairer, S.P. Norsett, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I, Springer. - Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekannt gegeben. 				

Physik						ET + NI
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer	
	180 h	6 CP	1. Fachsemester	jedes SoSe	1 Semester	
1	Lehrveranstaltung: a) Physik b) Technische Elektrodynamik	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h 2 SWS / 30 h	Selbststudium 120 h	Gruppengröße 75 (ET, MB, NI) 35 (ET, NI)		
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden mit den zentralen Modellvorstellungen und Prinzipien der modernen klassischen Mechanik vertraut. Sie erkennen die Äquivalenz von Newton'scher und Lagrange'scher Formulierung der Mechanik und die damit verbundenen Implikationen für darauf aufbauende, vertiefte physikalische Inhalte moderner ingenieurwissenschaftlicher Methoden. Sie können Wissen aus der Elektrodynamik und deren Rechenmethoden bei der Lösung technischer Probleme anwenden. Sie sind in der Lage, sich darauf aufbauend neue Themengebiete selbstständig zu erarbeiten.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Die Lehr-Lern-Form im Modul zielt auf problemlösungsorientierte und methodische Kompetenzen der Studierenden ab. Durch den seminaristischen Unterricht wird selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten gefördert; Aktivierende Elemente stärken die Argumentations- und Diskussionsfähigkeit der Teilnehmer.</p>					
3	<p>Inhalte</p> <p><u>Allgemeine Physik</u></p> <p>Ausgewählte Inhalte der klassischen theoretischen Mechanik als methodischer Zugang zu den zentralen modernen (ab 20. Jhd.) Themen der Physik:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einteilchen- vs. Mehrteilchen-Systeme, Bezugssysteme und Erhaltungsgrößen - Zwangsbedingungen und das Prinzip von D'Alembert (in Lagrange'scher Fassung) - Lagrange'sche Gleichungen 1. und 2. Art, Symmetrien und Erhaltungssätze - Prinzip der kleinsten Wirkung und das Hamilton'sche Formulierung der Mechanik - Konsequenzen und Anwendungen auf moderne Themen der Physik (z.B. Zentralkraftbewegung, Stabilität und Bifurkation, Ausblick: Mehrkörpersysteme (MB) bzw. Quantenmechanik (ET)) <p><u>Technische Elektrodynamik</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Typisierung elektromagnetischer Felder (statische elektrische und magnetische Felder, stationäres Strömungsfeld, quasistationäres und instationäres elektromagnetische Feld) - Maxwell'sche Gleichungen, deren Bedeutung und Spezialfälle für die Feldtypen - Differenzialoperatoren: grad, div, rot und deren Interpretation; Koordinatensysteme; Sätze von Gauß und Stokes - Skalares Potenzial und Vektorpotenzial - Dipole, Dipolmoment und Polarisation; Elektrete - Wellengleichung für homogene, isotrope Medien und spezielle Lösungen mit (Hohlleiter) und ohne Randbedingungen; Polarisation; Poynting-Vektor - Hertz'scher Dipol, Nahfeld und Fernfeld, Strahlungsleistung, Antennendiagramm, Dipolantennen 					
4	<p>Lehrformen</p> <p>Vorlesung/Seminar mit Übungsanteilen. Die Veranstaltung besteht aus einführenden Vorträgen der Dozenten und Präsentationen der Studierenden. Fachliche Inhalte sind von den Studierenden eigenständig an Hand von anwendungsorientierten Übungs- und Programmieraufgaben zu vertiefen. Die Ergebnisse werden im Seminar von den Studierenden vorgestellt.</p>					
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>inhaltlich: Gute Kenntnisse der Newton'schen Mechanik, Elektrizitätslehre, Magnetismus, Optik sowie mathematischer Werkzeuge.</p>					
6	<p>Prüfungsformen</p>					

	<p>Zwei getrennte Teilmodulprüfungen für a) und b)</p> <p>a) Physik: Klausur mit Bonuspunkteregelung nach § 16h MPO</p> <ul style="list-style-type: none"> - eine schriftliche Prüfung (Klausur) am Ende des Semesters - optionale semesterbegleitende Zwischentests (Bonuspunkteregelung); Details werden in der ersten Veranstaltung bekanntgegeben <p>b) Technische Thermodynamik: eine mündliche oder schriftliche Prüfung (Klausur)</p>
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der beiden Teilmodulprüfungen</p>
8	<p>Verwendung des Moduls</p> <p>Pflichtmodul im Masterstudiengang Elektrotechnik und Nachhaltige Ingenieurwissenschaft</p> <p>Die Veranstaltung a) stellt den allgemeinen Teil dar (für Master ET-NI-MB gemeinsam), die Veranstaltung b) den speziellen Teil für die Master Elektrotechnik und Nachhaltige Ingenieurwissenschaft</p>
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote</p> <p>Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p> <p>Die Modulendnote ergibt sich aus dem Mittelwert der Noten der beiden Teilmodulprüfungen (50/50).</p>
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Prof. Dr. Dirk Reith (Modulbeauftragter) b) Prof. Dr. Jürgen Apfelbeck
11	<p>Literatur</p> <p>D. Meschede: Gerthsen Physik, Springer Verlag (2015)</p> <p>P.A. Tipler: Physik: Für Wissenschaftler und Ingenieure, Springer Verlag (2014)</p> <p>T. Fließbach: Mechanik: Lehrbuch zur Theoretischen Physik I, Springer Verlag (2014)</p> <p>F. Kuypers: Klassische Mechanik, Wiley-VCH (2012)</p> <p>M. Prechtl: Mathematische Dynamik, Springer Spectrum (2015)</p> <p>W. Greiner: Theoretische Physik 3, Klassische Elektrodynamik, Harri Deutsch (2008)</p> <p>Lehner, Günther; Elektromagnetische Feldtheorie: für Ingenieure und Physiker - 8. Aufl. Springer Berlin Heidelberg, 2018.</p> <p>Mathis, Wolfgang; Küpfmüller Theoretische Elektrotechnik: Elektromagnetische Felder, Schaltungen und elektronische Bauelemente - 20. Aufl. Springer Berlin Heidelberg, 2017.</p> <p>Nefyodov, Eugene I.; Electromagnetic Fields and Waves: Microwave and mmWave Engineering with Generalized Macroscopic Electrodynamics. Springer International Publishing, 2019.</p> <p>Brandt, Siegmund; Elektrodynamik: Eine Einführung in Experiment und Theorie - Vierte, völlig neubearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.</p> <p>Nolting, Wolfgang; Grundkurs Theoretische Physik 3: Elektrodynamik - 10. Aufl. 2013. Springer Berlin Heidelberg, 2013.</p> <p>Petrascheck, Dietmar; Elektrodynamik - 3rd ed. 2019. Springer Berlin Heidelberg, 2019.</p> <p>Jackson, John David; Klassische Elektrodynamik - 5., überarb. Aufl., Berlin [u.a.] : De Gruyter, 2014.</p>

Physik						Maschinenbau
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer	
	180 h	6 CP	1.Fachsemester	jedes SoSe	1 Semester	
1	Lehrveranstaltung: a) Physik b) Technische Thermodynamik	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h 2 SWS / 30 h	Selbststudium 120 h	Gruppengröße 75 (ET, MB, NI) 40 (MB)		
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden mit den zentralen Modellvorstellungen und Prinzipien der modernen klassischen Mechanik vertraut. Sie erkennen die Äquivalenz von Newton'scher und Lagrange'scher Formulierung der Mechanik und die damit verbundenen Implikationen für darauf aufbauende, vertiefte physikalische Inhalte moderner ingenieurwissenschaftlicher Methoden. Sie können Wissen aus der Thermodynamik und deren Rechenmethoden bei der Lösung technischer Probleme anwenden. Sie sind in der Lage, sich darauf aufbauend neue Themengebiete selbstständig zu erarbeiten. <u>Schlüsselqualifikationen</u> Die Lehr-Lern-Form im Modul zielt auf problemlösungsorientierte und methodische Kompetenzen der Studierenden ab. Durch den seminaristischen Unterricht wird selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten gefördert; Aktivierende Elemente stärken die Argumentations- und Diskussionsfähigkeit der Teilnehmer.					
3	Inhalte <u>Allgemeine Physik</u> Ausgewählte Inhalte der klassischen theoretischen Mechanik als methodischer Zugang zu den zentralen modernen (ab 20.Jhd.) Themen der Physik: <ul style="list-style-type: none"> - Einteilchen- vs. Mehrteilchen-Systeme, Bezugssysteme und Erhaltungsgrößen - Zwangsbedingungen und das Prinzip von D'Alembert (in Lagrange'scher Fassung) - Lagrange'sche Gleichungen 1. und 2. Art, Symmetrien und Erhaltungssätze - Prinzip der kleinsten Wirkung und das Hamilton'sche Formulierung der Mechanik - Konsequenzen und Anwendungen auf moderne Themen der Physik (z.B. Zentralkraftbewegung, Stabilität und Bifurkation, Ausblick: Mehrkörpersysteme (MB) bzw. Quantenmechanik (ET)) <u>Technische Thermodynamik</u> <ul style="list-style-type: none"> - Thermodynamische Maschinen und Prozesse - Thermodynamik der Gemische - Strömungsvorgänge - Wärmeübertragung - Verbrennungsvorgänge 					
4	Lehrformen Vorlesung/Seminar mit Übungsanteilen. Die Veranstaltung besteht aus einführenden Vorträgen der Dozenten und Präsentationen der Studierenden. Fachliche Inhalte sind von den Studierenden eigenständig an Hand von anwendungsorientierten Übungs- und Programmieraufgaben zu vertiefen. Die Ergebnisse werden im Seminar von den Studierenden vorgestellt.					
5	Teilnahmevoraussetzungen inhaltlich: Gute Kenntnisse der Newton'schen Mechanik, Technischen Mechanik, Thermodynamik					
6	Prüfungsformen Zwei getrennte Teilmodulprüfungen für a) und b) a) Physik: Klausur mit Bonuspunktregelung nach § 16h MPO <ul style="list-style-type: none"> - eine schriftliche Prüfung (Klausur) am Ende des Semesters - optionale semesterbegleitende Zwischentests (Bonuspunktregelung); Details werden in der ersten Veranstaltung bekanntgegeben 					

	b) Technische Thermodynamik: eine mündliche oder schriftliche Prüfung (Klausur)
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der beiden Teilmodulprüfungen
8	Verwendung des Moduls Pflichtmodul im Masterstudiengang Maschinenbau Die Veranstaltung a) stellt den allgemeinen Teil dar (für Master ET-NI-MB gemeinsam), die Veranstaltung b) den speziellen Teil für den Master Maschinenbau
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO Die Modulendnote ergibt sich aus dem Mittelwert der Noten der beiden Teilmodulprüfungen (50/50).
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende a) Prof. Dr. Dirk Reith (Modulbeauftragter) b) Prof. Dr.-Ing. Klaus Wetteborn
11	Literatur Allgemeine Physik <ul style="list-style-type: none"> - D. Meschede : Gerthsen Physik, Springer Verlag (2015) - T. Fließbach: Mechanik: Lehrbuch zur Theoretischen Physik I, Springer Verlag (2014) - H. Goldstein: „Klassische Mechanik“, Wiley VCH (2006) - W. Nolting: “Grundkurs Theoretische Physik 1: Klassische Mechanik” (2018) und „Grundkurs Theoretische Physik 2: Analytische Mechanik” (2014), Springer Spektrum - P.A. Tipler : Physik: Für Wissenschaftler und Ingenieure, Springer Verlag (2014) Literatur Technische Thermodynamik <ul style="list-style-type: none"> - Langeheinecke, K.: Thermodynamik für Ingenieure, 11. Auflage 2020, Springer Vieweg Verlag, als Ebook (download) in der Hochschulbibliothek erhältlich - Dehli, M.: Grundlagen der Technischen Thermodynamik, 9. Auflage 2020, Springer Vieweg Verlag, als Ebook (download) in der Hochschulbibliothek erhältlich - Cerbe, G; Wilhelms, G.: Technische Thermodynamik, 19. Auflage 2021, Hanser Verlag

Kernmodule

Master Elektrotechnik

Digitale Signalverarbeitung (6 CP)

- Videosignalverarbeitung und Schaltungsstrukturen (3 CP, 2 SWS)
- Angewandte Digitalfilter – Adaptive Filter (3 CP, 2 SWS)

Master Maschinenbau – Mechatronik

Mechatronische Systeme (6 CP)

- Integrierte Mechatronische Systeme (3 CP, 2 SWS)
- Integration elektrischer Aktoren (3 CP, 2 SWS)

Master Maschinenbau – Virtuelle Produktentwicklung

Modellbasierte Simulationstechniken in der Produktentwicklung (6 CP, 4 SWS)

Master Nachhaltige Ingenieurwissenschaft

Nachhaltige Systementwicklung (6 CP)

- Modellierung und Quantifizierung von Nachhaltigkeitsfaktoren (3 CP, 2 SWS)
- Optimierungsmethoden (3 CP, 2 SWS)

Digitale Signalverarbeitung				Elektrotechnik	
Kenn-Nr.	Workload 180 h	Credits 6 CP	Semester 1. Fachsemester	Häufigkeit jedes SoSe	Dauer 1 Semester
1	Lehrveranstaltung: a) Videosignalverarbeitung und Schaltungsstrukturen b) Angewandte Digitalfilter – Adaptive Filter		Kontaktzeit 2 SWS / 30 h 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h 60 h	Gruppengröße 20
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen a) Videosignalverarbeitung und Schaltungsstrukturen Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls verstehen die Studierenden komplexe Algorithmen der Signalverarbeitung, insbesondere für Videosignale, und kennen Schaltungsstrukturen für deren effiziente Implementierungen. b) Adaptive Filter Die Studierenden sind in der Lage, stochastische Variablen und Prozesse durch aussagefähige Kenngrößen zu charakterisieren, und sind mit den Basisstrukturen adaptiver Filter vertraut. Sie können adaptive Filter im Zeitbereich analysieren, entwickeln und hinsichtlich ihrer Betriebsweise bewerten.				
3	Inhalte <u>Videosignalverarbeitung und Schaltungsstrukturen</u> <ul style="list-style-type: none"> • Computer Arithmetik, Zahlendarstellungen • FIR-Filter und Multiraten-Signalverarbeitung • Algorithmen der Bild und Videosignalverarbeitung <ul style="list-style-type: none"> ○ Subjektive Bildverbesserung ○ Quellencodierung ○ Machine Learning <u>Adaptive Filter</u> <ul style="list-style-type: none"> • Zufallsvariablen, stochastische Prozesse: Begriffsdefinitionen, Momente 1. und 2. Ordnung, stationäre stoch. Prozesse, Ergodenhypothese, zeitdiskrete stochastische Prozesse/Systeme • Zufallssignale und LTI-Systeme: Verknüpfungen stochastischer Signale, Reaktion von LTI-Systemen auf stochastische Signale, Wiener-Chintschin-Theorem, Anwendungsbeispiel „Wiener-Filter“ • Adaptive Filter: Grundlegende Merkmale adaptiver Filter, typische Einsatzfelder (Active Noise Control, Adaptive Echo Cancelling, etc.), Anforderungen an die Signalstatistik, Adaption nach dem LMS (Least Mean Square) Verfahren, Lernkurven, Entwicklung adaptiver Filter unter MATLAB/Simulink (DSP System Toolbox) und/oder LabVIEW (Adaptive Filter Toolkit), praktische Gesichtspunkte („überwachtes Lernen“) 				
4	Lehrformen Durch Vorlesungs- und praktische Übungsanteile ergänzter seminaristischer Unterricht unterstützt durch Vorarbeit der Lernenden in Lehrbuch und aktueller Literatur.				
5	Teilnahmevoraussetzungen Formal keine, aber inhaltlich für <u>Videosignalverarbeitung und Schaltungsstrukturen:</u> Kenntnisse der Digitaltechnik, der Mikrocomputertechnik und der Grundlagen dynamischer Systeme, insbesondere Kenntnisse der grundlegenden Eigenschaften zeitdiskreter Signale und des Zusammenhangs der Darstellungen im Zeitbereich und Frequenzbereich. <u>Adaptive Filter:</u> Fundierte Kenntnisse der Grundlagen dynamischer Systeme und der analogen und digitalen Signalverarbeitung.				
6	Prüfungsformen Zwei getrennte Teilmodulprüfungen für a) und b) jeweils in Form einer schriftlichen oder mündlichen Prüfung.				
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der beiden Teilmodulprüfungen				

8	Verwendung des Moduls Kernmodul im Master Elektrotechnik, Schwerpunkt Elektrotechnische Systementwicklung
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende a) Gerrit Fabian Grutzeck (Lehrbeauftragter) b) Dr. Wolfgang Ptacek (Lehrbeauftragter) Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Andreas Bunzemeier
11	Literatur a) Videosignalverarbeitung und Schaltungsstrukturen Lehrbuch: <ul style="list-style-type: none"> • U. Meyer-Baese, „Digital signal processing with field programmable gate arrays“, Springer, 2014. Aktuelle Literatur, beispielsweise: <ul style="list-style-type: none"> • J. Y. S. Low, et.al. “A Signed Integer Programmable Power-of-Two Scaler for $\{2n-1, 2n, 2n+1\}$ RNS,” IEEE ISCAS, 2013. • Y.-L. Chang, et.al. “Motion Compensated Error Concealment for HEVC Based on Block-Merging and Residual Energy,” 20th International IEEE Packet Video Workshop, 2013. b) Adaptive Filter <ul style="list-style-type: none"> • Beucher, O.: “Signale und Systeme: Theorie, Simulation, Anwendung: Eine beispielorientierte Einführung mit MATLAB“, Springer, 2011 • Georgii, H.-O.: “Stochastics – Introduction to Probability and Statistics“, De Gruyter Textbook, Berlin, 2012 • Moschytz, G., Hofbauer, M.: “Adaptive Filter“, Springer 2000 • Farhang-Boroujeny, B.: „Adaptive Filters: Theory and Applications, 2nd Edition, Wiley 2013 Weitere aktuelle Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.

Mechatronische Systeme					Maschinenbau
Kenn-Nr.	Workload 180 h	Credits 6 CP	Semester 1.Fachsemester	Häufigkeit jedes SoSe	Dauer 1 Semester
1	Lehrveranstaltung: a) Integrierte Mechatronische Systeme b) Integration elektrischer Aktoren		Kontaktzeit 2 SWS / 30 h 2 SWS / 30 h	Selbststudium 120 h	Gruppengröße 45
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Bei erfolgreichem Abschluss des Moduls erlangen die Studierenden Kompetenzen im Aufbau mechatronischer Systeme, die im Wesentlichen auf Mikrocontrollern o. ä. basieren und in Maschinen integriert sind. Sie erlangen Kenntnisse über Hard- und Software-Fähigkeiten moderner mikroelektronischer Steuerungen und deren Schnittstellen zu Sensoren und Aktoren. Außerdem erhalten Sie Kenntnisse über Methoden der automatischen Systemüberwachung. Die Studierenden erlernen die mathematische Modellierung des Zusammenwirkens elektrischer Aktoren und schwingungsfähiger Mechanik in den mechatronischen Systemen. Außerdem werden Sie in die Lage versetzt, die Parameter der aufgestellten Modelle zu identifizieren und eine modellbasierte Lager- und Drehzahlregelung mit Hilfe moderner Entwicklungstools zu entwerfen.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Die Studierenden können sich eigenständig neue Themen erarbeiten. Sie können einen vorgegebenen Zeitrahmen zur Aufbereitung und zur Präsentation von Fachwissen einhalten. Sie können selbstverantwortlich die erarbeiteten Themen in einer Diskussion vertreten.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <p><u>Integrierte mechatronische Systeme / Systemüberwachung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mikrocontroller, DSP und ASIC • Hardware mikroelektronischer Steuerungen: Analog-Digital-Wandler, CaptureComparePWM-Module, Serielle und Bus-Schnittstellen, Interrupt • Übersicht über Schaltungsentwurf und Platinenlayout, SMD-Fertigung und mechanische Integration • Aufbau integrierter mechatronischer Systeme, Verfahren zum Systementwurf • Automatisierte Systemüberwachung: grundlegende Methoden und beispielhafte Umsetzung <p><u>Mechatronische Integration elektrischer Aktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Regelstrecken für elektrischer Antriebe und Mehrmassenschwinger • Modellbildung dynamischer Aktorsysteme mit Reibung und Lose • Identifikation und experimentelle Ermittlung von Parameter der Mechanik • Vorstellung einiger ausgewählter Reglerstrukturen • Drehzahl- und Lageregelung mit Zustandsregler, Entwurf von Zustandsbeobachtern 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Seminaristischer Unterricht mit Vorlesungsanteilen und Praktikum. Die theoretischen Inhalte werden kompakt vermittelt. Dann werden ausgewählte Problemstellungen zu speziellen Themenbereichen in Einzel- oder Gruppenarbeit bearbeitet. In Vorträgen werden die erforderlichen Grundlagen, die Vorgehensweise, Schwierigkeiten und Lösungen vorgestellt und diskutiert.</p> <p>D.h., ein Teil des Unterrichts erfolgt in Form einer praktischen Arbeit, wo die Studierenden selbständig verschiedene Aufgaben zum Thema Modellbildung, Systemidentifikation und Reglerentwurf von mechatronischen Aktorsystemen bearbeiten und implementieren.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>inhaltlich:</p> <p><u>Integrierte mechatronische Systeme / Systemüberwachung:</u> Sicherer Umgang mit der Ingenieur-Mathematik; fundierte Grundlagen der Elektrotechnik, Informatik und Microcontroller, auch Binär- und Hexadezimal-Zahlen. Sicherer Umgang in der C-Programmierung, Grundlagenkenntnisse über Komponenten und den Aufbau mechatronischer Systeme.</p>				

	<u>Mechatronische Integration elektrischer Aktoren:</u> Grundlegende Kenntnisse der Mess- und Regelungstechnik, der Aktorik, der Regelung mechatronischer Systeme und der elektrischen Antriebstechnik.
6	Prüfungsformen Zwei getrennte Teilmodulprüfungen für a) und b) jeweils in Form einer schriftlichen oder mündlichen Prüfung.
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der beiden Teilmodulprüfungen
8	Verwendung des Moduls Kernmodul im Master Maschinenbau, Schwerpunkt Mechatronik
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO Die Modulendnote ergibt sich aus dem Mittelwert der Noten der beiden Teilmodulprüfungen (50/50).
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende a) Prof. Dr. Josef Vollmer (Modulbeauftragter) b) Prof. Dr.-Ing. Roustiam Chakirov
11	Literatur A. und M. König: Das große PIC-Mikro Handbuch, Verlag Franzis C. Huddleston: Intelligent sensor design using the Microchip dsPIC, Verlag Elsevier/Newnes N. Gardner: PIC Micro MCU C, CCS-Inc. ISBN 0-9724181-0-5 W. Bolton: Bausteine mechatronischer Systeme, Verlag Pearson Studium R. Isermann: Mechatronic Systems Fundamentals, Springer-Verlag I. Landau, G. Zito: Digital Control Systems: Design, Identification and Implementation, Springer-Verlag D. Schröder, Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen, Springer-Verlag G. Ellis, Control System Design Guide, Elseviere Academic Press Aktuelle Zeitschriftenartikel. Werden in der Veranstaltung bekanntgegeben

Modellbasierte Simulationstechniken in der Produktentwicklung					Maschinenbau
Kenn-Nr.	Workload 180 h	Credits 6 CP	Semester 1. Fachsemester	Häufigkeit jedes SoSe	Dauer 1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Modellbasierte Simulationstechniken in der Produktentwicklung		Kontaktzeit 4 SWS / 60 h	Selbststudium 120 h	Gruppengröße 20
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Die Studierenden erlernen in diesem Modulteil die mathematische Modellierung komplexerer technischer Systeme aus der Praxis. Außerdem werden Sie in die Lage versetzt, ihre aufgestellten Modelle mit Hilfe ausgewählter Simulationsprogramme zu lösen, zu visualisieren, zu interpretieren und kritisch zu bewerten.</p> <p>Durch die Kopplung von Simulations- und Optimierungsalgorithmen sowie statistischer Analysen werden typische Vorgehensweisen der Virtuellen Produktentwicklung vermittelt.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u> Lehrinhalte und Lehrform des Moduls fördern das Abstraktionsvermögen und die Fähigkeit des wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens. Der Lehrstoff appelliert an die instrumentellen und systemischen Kompetenzen, fordert die praktische Anwendung von Methodenwissen und schult mathematische Problemlösungskompetenzen.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung klassischer Modellprobleme der Ingenieurspraxis (CFD, Wärmeübertragung, Strukturmechanik, ...) und deren Lösung mit geeigneten Simulations- und Lösertechniken. • Systemsimulation: Aufbau komplexer Systeme und deren Simulation. • Formulierung und Modellierung gekoppelter Probleme (Multiphysik) sowie deren Lösung mit entsprechender Simulationssoftware. • Klassische Optimierung, multikriterielle Optimierung, Metamodellierung • Einbettung der Simulation(stools) in Optimierungsalgorithmen. • Ausnutzung moderner Rechnerarchitekturen: Parallelisierung und Big Data Architektur • Quantifizierung statistischer Unsicherheiten (UQ) und Workflows zur simulationsbasierten UQ 				
4	<p>Lehrformen Vorlesung, Kleingruppenübungen, Seminaristischer Unterricht Die theoretischen Grundlagen werden kompakt vermittelt. Dann werden ausgewählte Problemstellungen zu speziellen Themenbereichen in Einzel- oder Gruppenarbeit bearbeitet. In Vorträgen werden die erforderlichen Grundlagen, die Vorgehensweise, Schwierigkeiten und Lösungen vorgestellt.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen formal: keine inhaltlich: Generell gute Kenntnisse in Mathematik, Physik und Informatik, speziell fundierte Kenntnisse der Modellbildung und Simulation ingenieurtechnischer Systeme der Numerik für Differentialgleichungen</p>				
6	<p>Prüfungsformen Eine Modulprüfung in Form der mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur)</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls Kernmodul im Master Maschinenbau mit Schwerpunkt Virtuelle Produktentwicklung</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr. Tanja Clees (Modulbeauftragte)</p>				
11	<p>Literatur Betounes, D.; Partial Differential Equations for Computational Science, Springer-Verlag, 1998. Heroux, M.A., et al. (eds.); Parallel Processing for Scientific Computing, SIAM 2006. Aschauer, B.: Optimierung der Produktentwicklung durch Simulation, VDM Verlag 2008. Junglas, P.: Praxis der Simulationstechnik, Europa-Lernmittel, Haan-Gruiten, 2014. E-Book: Angermann, A. et al.: Matlab-Simulink-Stateflow, De Gruyter Oldenbourg Verlag, Berlin 2021. Eigner M. et al.: Modellbasierte Virtuelle Produktentwicklung, Springer Vieweg 2014. Sullivan, T.J.: Introduction to Uncertainty Quantification, Springer 2015. E-Book: Bärwolff, Günter: Numerik für Ingenieure, Physiker und Informatiker, Springer Spektrum, 3. Aufl. 2020 E-Book: Knorrenschild, Michael: Numerische Mathematik, Hanser-Verlag, 7. Aufl., 2021. Aktuelle Zeitschriftenartikel werden in der Veranstaltung bekanntgegeben.</p>				

Nachhaltige Systementwicklung		Nachhaltige Ingenieurwissenschaft			
Kenn-Nr.	Workload 180 h	Credits 6 CP	Semester 1. Fachsemester	Häufigkeit jedes SoSe	Dauer 1 Semester
1	Lehrveranstaltung: a) Modellierung und Quantifizierung von Nachhaltigkeitsfaktoren b) Optimierungsmethoden		Kontaktzeit 2 SWS / 30 h 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h 60 h	Gruppengröße 20
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen a) Modellierung und Quantifizierung von Nachhaltigkeitsfaktoren Die Studierenden lernen in diesem Modulteil Verfahren zur Quantifizierung von Nachhaltigkeitsfaktoren kennen. Damit werden sie befähigt, Nachhaltigkeit in der Systemoptimierung zu berücksichtigen. Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden sowohl in der Lage Umweltwirkungen technischer Systeme zu quantifizieren als auch sozioökonomische Faktoren mithilfe geeigneter Indikatoren zu beschreiben. Die Lerninhalte des Moduls fördern die Fähigkeit, Ursache-Wirkungszusammenhänge kausal zu denken und wertebasierter Argumente zu quantifizieren und einer ingenieurwissenschaftlichen Betrachtung zugänglich zu machen. b) Optimierungsmethoden Die Studierenden erlernen in diesem Modulteil moderne Methoden zur Optimierung von Systemen mit einem Schwerpunkt auf der multikriteriellen Optimierung, wie es die nachhaltige Systementwicklung erfordert. <u>Schlüsselqualifikationen</u> Lehrinhalte und Lehrform des Moduls fördern das Abstraktionsvermögen und die Fähigkeit des wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens. Der Lehrstoff appelliert an die instrumentellen und systemischen Kompetenzen, fordert die praktische Anwendung von Methodenwissen und schult mathematische Problemlösungskompetenzen.				
3	Inhalte <u>a) Modellierung und Quantifizierung von Nachhaltigkeitsfaktoren</u> <ul style="list-style-type: none"> • Verfahren zur Quantifizierung von Umweltwirkungen • Verfahren und Indikatoren zur Berücksichtigung sozialer Aspekte • Monetarisierungsmethoden • SDG-Indikatoren <u>b) Optimierungsmethoden</u> <ul style="list-style-type: none"> • Klassische Optimierung, multikriterielle Optimierung, Metamodellierung • Einbettung der Simulation(stools) in Optimierungsalgorithmen. • Ausnutzung moderner Rechnerarchitekturen: Parallelisierung und Big Data Architektur • Quantifizierung statistischer Unsicherheiten (UQ) und Workflows zur simulationsbasierten UQ 				
4	Lehrformen Durch Vorlesungs- und praktische Übungsanteile ergänzter seminaristischer Unterricht unterstützt durch Vorarbeit der Lernenden in Lehrbüchern bzw. aktueller Literatur.				
5	Teilnahmevoraussetzungen Formal keine, inhaltlich: a) Grundlegende Kenntnisse der Chemie und der Umweltwissenschaften; grundlegendes Verständnis des Nachhaltigkeitsbegriffs, des Konzepts der Nachhaltigkeitsindikatoren, Nachhaltigkeitsanalysen und Lebenszyklusanalysen (LCA). b) Solide Kenntnisse der Höheren Mathematik und der Modellbildung und Simulation (v.a. Differentiation, Integration, Interpolation, Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme (Newton-Verfahren)); solide Kenntnisse der Informatik und Physik; hilfreich: rudimentäre Kenntnisse von MATLAB/Simulink				
6	Prüfungsformen Zwei getrennte Teilmodulprüfungen für a) und b) jeweils in Form einer schriftlichen oder mündlichen Prüfung.				

7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der beiden Teilmodulprüfungen
8	Verwendung des Moduls Kernmodul im Master Nachhaltige Ingenieurwissenschaft
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende a) Prof. Dr. Stefanie Meilinger (Modulbeauftragte) b) Prof. Dr. Tanja Clees
11	Literatur a) Modellierung und Quantifizierung von Nachhaltigkeitsfaktoren <ul style="list-style-type: none"> • Tang W.Z. und M. Sillanpää, „Sustainable Environmental Engineering“, 2018 • Reddy K.R., et al., „Sustainable Engineering: Drivers, Metrics, Tools, and applications“, 2019 • Sage, A., „Systems Engineering and management for Sustainable Development“, 2009 • Benoit C., et al., „Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products“, 2009 • Internationale Dokumente zu standardisierten Quantifizierungsmethoden (UNFCCC, EU, ISO) Aktuelle Zeitschriftenartikel. Werden in der Veranstaltung bekanntgegeben b) Optimierungsmethoden Heroux, M.A., et al. (eds.); Parallel Processing for Scientific Computing, SIAM 2006. Aschauer, B.: Optimierung der Produktentwicklung durch Simulation, VDM Verlag 2008. Junglas, P.: Praxis der Simulationstechnik, Europa-Lernmittel, Haan-Gruiten, 2014. Angermann, A. et al.: Matlab-Simulink-Stateflow, De Gruyter Oldenbourg Verlag, Berlin 2017. Eigner M. et al.: Modellbasierte Virtuelle Produktentwicklung, Springer Vieweg 2014. Sullivan, T.J.: Introduction to Uncertainty Quantification, Springer 2015. Aktuelle Zeitschriftenartikel. Werden in der Veranstaltung bekanntgegeben

Masterprojekt 1					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	210 h	7 CP	1. Fachsemester	jedes SoSe	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Projekt I	Kontaktzeit 2 SWS / 60 h	Selbststudium 150 h		Gruppengröße 1 oder mehr
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls haben die Studierenden das bisher im Studiengang erworbene Fachwissen exemplarisch angewandt und gelernt, sich zusätzliches Fachwissen selbst anzueignen. Sie können modulübergreifende Aufgabenstellungen eigenständig auf wissenschaftlicher Grundlage bearbeiten.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Die Studierenden lernen ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt selbständig zu bearbeiten. Sie sind in der Lage den Stand der Forschung zu ermitteln, auf die eigene Problemstellung zu beziehen und eigene Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu planen und durchzuführen.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <p>Durchführen eines wissenschaftlichen oder anwendungsorientierten Projektes mit den Schwerpunkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erfassen und Detaillieren einer vorgegebenen Aufgabenstellung • Ziel- und ergebnisorientierte Planung des Projektes • Recherche von benötigtem Hintergrund- und Fachwissen aus geeigneten Publikationen • Bearbeitung der Teilaufgaben mit wissenschaftlicher Sorgfalt und Abschluss des Gesamtprojektes • Wissenschaftliche Dokumentation des Projektes. Art und Umfang der Dokumentation ist mit dem jeweiligen Dozent abzustimmen. Als Richtgröße dienen 25-30 DIN-A4 Seiten. Alternativ zur Projektdokumentation kann auch eine Veröffentlichung vorbereitet werden. <p>Das Projektthema wird aktuell festgelegt.</p>				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Projektarbeit (Definition, Planung, Durchführung und Abschluss eines Projektes)</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>keine</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Modulprüfung in Form einer Ausarbeitung nach § 16d MPO mit mündlicher Erörterung, die auch in Form eines Seminarvortrages möglich ist. Zum Masterprojekt siehe auch § 15 MPO.</p> <p>Das Masterprojekt wird möglichst zu Beginn des Semesters verbindlich angemeldet und das Anmeldeformular in Abstimmung mit dem jeweiligen Dozenten im Prüfungssekretariat eingereicht. Mit der Anmeldung beginnt die Bearbeitungszeit.</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls</p> <p>Pflichtmodul in den Masterstudiengängen Elektrotechnik, Nachhaltige Ingenieurwissenschaft und Maschinenbau</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote</p> <p>Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</p> <p>Modulbeauftragter: Prof. Dr. Gerd Steinebach, Lehrende: Professoren/innen des Fachbereiches</p>				
11	<p>Literatur</p> <p>Wird durch die jeweiligen Dozenten bekanntgegeben und durch die Studierenden im Projekt recherchiert.</p>				
12	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Das Projekt dient der eigenständigen Bearbeitung eines aktuellen ingenieurwissenschaftlichen, Forschungs- oder Entwicklungsthemas und bereitet die Master-Thesis vor. Die Projektthemen kommen vorzugsweise aus Forschungs- und Entwicklungsprojekten und -tätigkeiten der Dozenten des Fachbereiches.</p>				

Spezialisierungs- und Wahlfachbereich

Module im Spezialisierungs- und Wahlfachbereich können 6 CP / 4 SWS oder 3 CP / 2 SWS umfassen; in der Summe müssen in jedem Bereich Veranstaltungen im Gesamtumfang von 12 CP / 8 SWS belegt werden.

Im Spezialisierungsbereich sind für die einzelnen Masterstudiengänge und die jeweiligen Schwerpunkte einzelne Veranstaltungen verpflichtend bzw. obligatorisch. D.h., ein Modul kann für einen Schwerpunkt im Spezialisierungsbereich verpflichtend sein und zugleich für den anderen Schwerpunkt im Wahlfachbereich wählbar.

Die Module stellen grundsätzlich einen Auswahlkatalog dar. Die aufgenommenen Fächer werden (soweit nicht obligatorisch) in der Regel angeboten, eine Angebotsgarantie besteht aber nicht. D.h., weitere oder andere Lehrangebote können einerseits hinzukommen, andererseits können Veranstaltungen bei zu geringer Teilnehmerzahl nicht angeboten werden (soweit nicht verpflichtend).

Spezialisierungsmodule in den Studiengängen/Vertiefungsrichtungen (obligatorisch):Elektrotechnik – Elektrotechnische Systementwicklung

Embedded Systems (6 CP, 4 SWS)

Vernetzte Systeme (6 CP, 4 SWS)

Maschinenbau – Mechatronik

Digitale Sensorsysteme (3 CP, 2 SWS)

Aktorik (3 CP, 2 SWS)

Advanced Control Concepts (3 CP, 2 SWS)

Rapid Control Prototyping (3 CP, 2 SWS)

Maschinenbau – Virtuelle Produktentwicklung

Ausgew. Kapitel der Techn. Mechanik (6 CP, 4 SWS)

Fortgeschrittene FEM (6 CP, 4 SWS)

Nachhaltige Ingenieurwissenschaft

Ausgewählte Kapitel nachhaltiger Technologien (6 CP, 4 SWS)

Elektrische Energiesysteme (3 CP, 2 SWS)

Umwelt und Verkehr (3 CP, 2 SWS)

Wahlfachbereich – kombinatorische Möglichkeiten:

Auswahl „großer“ Wahlfach-/Spezialisierungsmodule (6 CP, 4 SWS)

- Embedded Systems (NI, ET Pflicht)
- Vernetzte Systeme (nur ET, Pflicht)
- Ausgewählte Kapitel der Technischen Mechanik (Pflicht MB Virtuelle Produktentwicklung)
- Fortgeschrittene FEM (Pflicht MB Virtuelle Produktentwicklung)
- Automation (Maschinenbau)

Auswahl „kleiner“ Wahlfach-/Spezialisierungsmodulen (3 CP, 2 SWS)

- Objektorientierte Steuerungstechnik (ET, NI, MB)
- Advanced Control Concepts (ET, NI und MB, Pflicht MB Mechatronik)
- Aktorik (ET, NI, MB, Pflicht MB Mechatronik)
- Digitale Sensorsysteme (ET, NI, MB, Pflicht MB Mechatronik)
- Elektrische Energiesysteme (ET, MB, NI Pflicht)

- Umwelt und Verkehr (ET, MB, NI Pflicht)
- Radioastronomische Instrumentierung (ET)
- Rapid Control Prototyping (MB, Pflicht MB Mechatronik)
- Energie 4.0 (für ET, NI, MB)
- Innovative Werkstofftechnik (ET, NI, MB)
- Effiziente Energiesysteme (ET, MB, NI)
- Sektorkopplung in: Ausgewählte Kapitel nachhaltiger Technologien (ET, MB, NI Pflicht)

Embedded Systems					Elektrotechnik
Kenn-Nr.	Workload 180 h	Credits 6 CP	Semester 2. Fachsemester	Häufigkeit jedes WS	Dauer 1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminar	Kontaktzeit 4 SWS / 60 h	Selbststudium 120 h	Gruppengröße 20	
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls kennen die Studierenden aktuelle Hardware- und Software-Komponenten eingebetteter Systeme sowie moderne Entwurfsmethodiken zur Entwicklung eingebetteter Systeme. – Kompetenz: Wissen und Anwendung von Entwurfsmethoden.</p> <p>Sie können Programme mit nebenläufigen Pfaden entwerfen und Erweiterungen moderner Mikroprozessoren zur Steigerung der Gesamtperformance nutzen. Weiterhin werden die Studierenden dazu angeleitet, sich anhand von aktuellen Publikationen eigenständig in das Thema „embedded systems“ zu vertiefen. Dabei erwerben sie die Fähigkeit, abstrakte Programmiermodelle und theoretische Verfahren auf praktische Fragestellungen anzuwenden.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Wissenschaftliches Arbeiten, Analytik, Abstraktionsvermögen, Eigenständigkeit, methodisches und instrumentelles Denken.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <p>Hardware</p> <ul style="list-style-type: none"> • Architekturen in eingebetteten Systemen • Mikrocontroller in mechatronischen Systemen <p>Software</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systemnahe Programmierung „Eingebetteter Systeme“ • Echtzeitverhalten, Programmierkonzepte, Interrupt/Polling • Kommunikationskonzepte und –schnittstellen • Context-Switching, Scheduling-Verfahren, Interprozess-Kommunikation, Synchronisation • Multicore- / Multithreading-Programmierung • objektorientierte Basics und Prinzipien, sowie Analyse- und Designmethoden und Heuristiken <p>Entwurfsmethodik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spezifikationen eingebetteter Systeme • Objektorientierte Entwurfsmethoden/-muster mit Java und C/C++ 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Seminaristischer Unterricht unterstützt durch Vorarbeit der Lernenden in Lehrbuch und aktueller Literatur, praktische Übungen zur Software-Entwicklung.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>formal: keine</p> <p>inhaltlich: Grundlegende Kenntnisse der Informatik und über den Aufbau und Einsatz von Mikroprozessoren. Grundlagen der Programmierung (von der Aufgabe zum Lösungsansatz), insbesondere der Programmiersprache C (Elementare Datentypen, Kontrollstrukturen, Funktionen, Adressen und Zeiger, Felder und Strings, Speicherwaltung, strukturierte Datentypen, Listen).</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Eine Modulprüfung in Form der mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur).</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der Modulprüfung</p>				

8	Verwendung des Moduls Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Elektrotechnik Wahlfachmodul im Master Nachhaltige Ingenieurwissenschaft
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr. Irene Rothe (Modulbeauftragte), Prof. Dr. Thomas Breuer (FB Informatik)
11	Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • P. Marwedel, „Eingebettete Systeme,“ Springer, 2007. • Bens, Schürmann, Trapp, „Eingebettete Systeme“, Vieweg-Teubner, 2010 • A. S. Tanenbaum, „Computerarchitektur – Strukturen, Konzepte, Grundlagen“, Pearson Studium, 2006 • O'Reilly „„Entwurfsmuster von Kopf bis Fuß““ • O'Reilly „Objektorientierte Analyse und Design“ • Freemann, Steve; Pryce, Nat: „Growing-Object-Oriented Software, Guided by Tests“, Addison-Wesley 2009 • McLaughlin, Pollice, West, O'Reilly, „Objektorientiertes Analyse&Design“, 2007 • Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides, „Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software“, 1994 • M. Grand, „Patterns in Java“ Wiley Verlag, 1998 • Gamma, Helm, Johnson, Vlissides: „Entwurfsmuster“, Addison-Wesley, 2004 • Doug Lee, „A Java Fork/Join Framework“, 2000 • Bollow, Homann, Köhn, "C und C++ für Embedded Systems", mitp, 2009 Weitere aktuelle Literatur wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Vernetzte Systeme					Elektrotechnik	
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer	
	180 h	6 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester	
1	Lehrveranstaltung: Seminaristischer Unterricht	Kontaktzeit 4 SWS / 60 h	Selbststudium 120 h		Gruppengröße 20	
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Die Studierenden können grundlegende Breitbandmodulations- und Konnektivitätsverfahren moderner vernetzter Systeme erläutern. Sie sind in der Lage ausgewählte Teilbereiche daraus zu simulieren und ihre Ergebnisse im Kontext der aktuellen Forschung kritisch einzuordnen und zu beleuchten.					
3	Inhalte Grundlegende Breitbandmodulations- und Konnektivitätsverfahren moderner Funknetzwerke: <ul style="list-style-type: none"> • Wireless Networks • Communication Protocols for WSNs • Coverage and Connectivity • Spread Spectrum Communications. 					
4	Lehrformen Seminar					
5	Teilnahmevoraussetzungen formal: keine inhaltlich: Kenntnisse der grundlegenden Übertragungsverfahren von Kommunikationssystemen, Programmierung (Matlab) und Hochfrequenztechnik.					
6	Prüfungsformen Modulprüfung in Form der Ausarbeitung mit Erörterung.					
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung					
8	Verwendung des Moduls Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Masterstudiengang Elektrotechnik					
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO					
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr.-Ing. Alejandro Valenzuela (Modulbeauftragter)					
11	Literatur Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • Simon Haykin, David Kolipillai, "Modern Wireless Communications", Pearson 2011. • Mosa Ali Abu-Rgheff, "Introduction to CDMA Wireless Communications", Elsevier 2007. Weitere themenbezogene Literatur wird zu Beginn des Seminars bekanntgegeben.					

Ausgewählte Kapitel der Technischen Mechanik					Maschinenbau
Kenn-Nr.	Workload 180 h	Credits 6 CP	Semester 2. Fachsemester	Häufigkeit jedes WS	Dauer 1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminar	Kontaktzeit 4 SWS / 60 h	Selbststudium 120 h	Gruppengröße 20	
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, erweiterte Aufgabenstellung der Biegung (konkret Knickung und schiefe Biegung) zu lösen und Spannungen und Verformungen an dünnwandigen tordierten Profilen zu berechnen.</p> <p>Sie können die Berechnungsansätze für räumliche Bewegungen, konkret die Kreiseffekte, verstehen und anwenden. Sie sind in der Lage, den Euler-Lagrange-Formalismus zur Lösung von Bewegungsgleichungen auf technische mechanische Systeme anzuwenden.</p> <p>Zudem können sie Übertragungsfunktionen für beliebige Schwingungssysteme linearen Charakters bestimmen und können die Grundzüge der Rotordynamik verstehen und auf Berechnungen anwenden.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausgewählte Vertiefungen der Elastostatik (Schiefe Biegung, Knickung, Torsion offener dünnwandiger Profile) • Ausgewählte Vertiefungen der Kinetik/Kinematik (Räumliche Bewegung, Kreiselbewegung mit Präzession und Nutation, Massenträgheitstensor) • Energiebetrachtungen auf Basis von Potentialgleichungen, Lösung von Bewegungsgleichungen über Lagrange- und Hamilton-Formalismus • Einführung in die Maschinendynamik: Erzwungene und gedämpfte Schwingungen, Übertragungsfunktionen bei verschiedenen Anregungsarten, Mehrmassenschwinger, Rotordynamik 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Theorie und Übungen in seminaristischem Unterrichtsstil</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>formal: keine inhaltlich: Fundierte Kenntnisse der Höheren Mathematik, der Physik und der Technischen Mechanik</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Modulprüfung in Form einer schriftliche Prüfung (Klausur, Dauer & Umfang: 120 Minuten)</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls</p> <p>Wahlfachmodul im Master Maschinenbau, Schwerpunkt Mechatronik Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Maschinenbau, Schwerpunkt Virtuelle Produktentwicklung</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote</p> <p>Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</p> <p>Prof. Dr. Dirk Reith (Modulbeauftragter), Prof. Dr.-Ing. Iris Groß</p>				
11	<p>Literatur</p> <p>Lehrbücher: H. A. Richard, M. Sander: Technische Mechanik. Dynamik, Springer (2014) R. C. Hibbeler: Technische Mechanik/3 – Dynamik, Pearson (2012) F. Kuypers: Klassische Mechanik, Wiley-VCH (2012) M. Prechtl: Mathematische Dynamik, Springer Spectrum (2015) H. Dresig, F. Holzweilig: Maschinendynamik Taschenbuch (2006)</p> <p>Weitere themenbezogene Literatur wird zu Beginn des Seminars bekanntgegeben.</p>				

Fortgeschrittene Finite Elemente Methoden (FEM)					Maschinenbau	
Kenn-Nr.	Workload 180 h	Credits 6 CP	Semester 2. Fachsemester	Häufigkeit jedes WS	Dauer 1 Semester	
1	Lehrveranstaltung: Seminar	Kontaktzeit 4 SWS / 60 h	Selbststudium 120 h		Gruppengröße 20	
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls können die Studierenden strukturmechanische Aufgabenstellungen mithilfe der Methode der finiten Elemente (FEM) lösen. Sie lernen geeignete numerische Werkzeuge zur Behandlung linearer, nichtlinearer und dynamischer Problemstellungen kennen und sind in der Lage, die Simulationsergebnisse kritisch zu diskutieren und zu bewerten.</p> <p>Ferner lernen die Studierenden Verfahren zur automatischen Optimierung einer Bauteilgeometrie kennen. Angepasst an die Aufgabenstellung wählen sie eine geeignete Methode aus, definieren das Optimierungsziel und legen Restriktionen fest. Sie sind in der Lage, die zugrundeliegenden Methoden und Algorithmen der mathematischen Optimierung zu verstehen und anzuwenden.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u> Wissenschaftliches Arbeiten, Analytik, Abstraktionsvermögen, Eigenständigkeit, methodisches und instrumentelles Denken</p>					
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Finite Elemente Methode (FEM) <ul style="list-style-type: none"> ○ Lösungsverfahren für nichtlineare und dynamische Aufgabenstellungen ○ Modellierung des Materialverhaltens • Mathematische Optimierung von Strukturbauteilen (Topologie, Form, Rippen (Beads)) <ul style="list-style-type: none"> ○ Definition des Optimierungsproblems ○ Zielfunktion, Designvariablen, Restriktionen • Optimierungsalgorithmen <ul style="list-style-type: none"> ○ Ein- und mehrdimensionale Optimierung ○ Gradientenverfahren ○ Optimalitätskriterien ○ Approximationen 					
	Lehrformen Seminar					
5	Teilnahmevoraussetzungen formal: keine inhaltlich: gute Kenntnisse der technischen Mechanik, angewandten Mechanik, (numerischen) Mathematik und der Finite Elemente Methoden (FEM)					
6	Prüfungsformen Modulprüfung in Form der Ausarbeitung oder Präsentation.					
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung					
8	Verwendung des Moduls Wahlfachmodul im Master Maschinenbau, Schwerpunkt Mechatronik Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Maschinenbau, Schwerpunkt Virtuelle Produktentwicklung					
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO					
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr. Olaf Bruch (Modulbeauftragter)					
11	<p>Literatur Lehrbuch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden, Springer Verlag, 2002 • Klein, B.: FEM Grundlagen und Anwendungen der Finite-Elemente-Methode. Vieweg + Teubner Verlag, 2010 • Schumacher, A., Optimierung mechanischer Strukturen, Springer Verlag, 2013 • Harzheim, Strukturoptimierung, Europa Lehrmittel, 2014 <p>Weitere themenbezogene Literatur wird zu Beginn des Seminars bekanntgegeben.</p>					

Digitale Sensorsysteme					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminaristischer Unterricht	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h		Gruppengröße 15+15
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden vertiefte Kenntnisse über digitale Sensorsysteme als aktueller Bereich der Sensorik erlangt. Sie sind fähig, sich selbst eigenverantwortlich Fachinhalte zu erarbeiten und dabei Bücher, Fachartikel und Internetquellen zu verwenden. Sie haben beispielhaft eine Vernetzung der Eigenschaften digitaler Sensorsysteme mit der Simulation von digitalen Sensorsystemen kennengelernt.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u> Die Studierenden erlernen sich Wissen aus Literatur und Internet, auch englischsprachig, zu erarbeiten und konkret in Programmstrukturen umzusetzen.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau eines beispielhaften digitalen Sensorsystems zur Schwingungsüberwachung • Eigenschaften von Beschleunigungssensoren und Anti-Aliasing-Filtern • Programmtechnische Umsetzung von Windowed-Sinc-Filtern als digitale Filter • Programmtechnische Umsetzung der Digital Fourier Transformation • Simulation eines digitalen Sensorsystems mit der Software Labview 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Seminaristischer Unterricht: Die Veranstaltung ist ein Mix aus Frontalpräsentation (Vorlesung), Selbstarbeitsphasen der Studierenden mit Programmentwicklung am Laptop. Schwerpunktmäßig wird exemplarisch an ausgewählten Fachinhalten das eigenverantwortliche Selbst-Erarbeiten von Stoff durch die Studierenden gefordert und geübt.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>inhaltlich: Sicherer Umgang mit der Ingenieur-Mathematik; Grundlagen Elektrotechnik und Microcontroller; fundierte Kenntnisse der Informatik, insbesondere Binär- und Hexadezimal-Zahlen; sicherer Umgang in der C-Programmierung (alternativ Matlab); Grundlagenkenntnisse der Messtechnik und Sensorik, insbesondere dynamische Signalerfassung.</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Eine Modulprüfung in Form der mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur)</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls</p> <p>Wahlfachmodul im Master Elektrotechnik, Nachhaltige Ingenieurwissenschaft und Maschinenbau / Virtuelle Produktentwicklung</p> <p>Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Maschinenbau / Mechatronik</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote</p> <p>Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</p> <p>Prof. Dr. Josef Vollmer (Modulbeauftragter)</p>				
11	<p>Literatur</p> <ul style="list-style-type: none"> • H.-R. Tränkler, E. Obermeier (Hrsg.): Sensortechnik, Springer-Verlag • S. W. Smith: Digital Signal Processing, California Technical Publishing • Aktuelle Konferenzbeiträge und Zeitschriftenartikel (dt./engl.) werden in der Veranstaltung bekanntgegeben. 				

Aktorik					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminaristischer Unterricht	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h		Gruppengröße Max. 40
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden vertiefte Kenntnisse in ausgewählten, aktuellen Bereichen der Aktorik erlangt, Der Schwerpunkt wird auf den optimalen Einsatz moderner Antriebe gelegt. Insbesondere sind die Studierenden in der Lage, selbständig Fachinhalte zu erarbeiten und schließlich die bestmöglichen Lösungen für ein konkretes Antriebsproblem zu erarbeiten.</p> <p>Die Studierenden lernen moderne stromrichter gespeiste Antriebe kennen, diese zu berechnen und nach wirtschaftlichen Kriterien einzusetzen. Es werden vertiefte Kenntnisse zur Auslegung von Antrieben vermittelt. Der Schwerpunkt dieser Veranstaltung liegt bei technisch modernen und gleichzeitig wirtschaftlich optimalen Antriebskonzepten mit Drehstrommotoren.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Die Studierenden erlernen methodisches wissenschaftliches Arbeiten sowie die analytische Bearbeitung und Lösung von Projektzielen (instrumentelle und systemische Kompetenzen). Sie können sich eigenständig neue fachliche Themen in einem vorgegebenen Zeitrahmen erarbeiten und eigenverantwortlich umsetzen und präsentieren. Die erlangten Schlüsselkompetenzen befähigen die Studierenden, umfangreiche Projekte in kleinste Einheiten zu unterteilen, die Teilergebnisse zu bearbeiten und die Projekte erfolgreich abzuschließen.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Raumzeigertransformation und Modulation • Modellbildung der Asynchron- und Synchronmaschine • Feldorientierte Regelung und Sensorlose Regelungskonzepte • Wirtschaftlicher Einsatz von Maschinen bei konkreten Antriebsaufgaben 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Seminaristischer Unterricht</p> <p>Die Stoffvermittlung erfolgt durch Vorträge des Dozenten und Präsentationen der Studierenden. Es werden zunächst die Inhalte stark verdichtet und zügig vermittelt. Im seminaristischen Teil wenden die Studierenden das Gelernte selbständig in praktischen Projektaufgaben aus der Antriebstechnik an. Exemplarisch sind Antriebskonzepte zu entwerfen und auszulegen.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>inhaltlich: Kenntnisse des Aufbaus, der Funktionsweise und der Berechnungsmethoden elektrischer Maschinen. Grundkenntnisse in der Leistungselektronik sowie der Mess- und Regelungstechnik.</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Modulprüfung in Form der schriftlichen Prüfung (Klausur)</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls</p> <p>Wahlfachmodul im Master Elektrotechnik, Nachhaltige Ingenieurwissenschaft und Maschinenbau, Schwerpunkt Virtuelle Produktentwicklung Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Maschinenbau, Schwerpunkt Mechatronik</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote</p> <p>Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</p> <p>Prof. Dr. Heinrich Salbert (Modulbeauftragter)</p>				
11	<p>Literatur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktuelle Zeitschriftenartikel werden in der Veranstaltung bekanntgegeben. • Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen, Dierk Schröder, Springerverlag • Servoantriebe in der Automatisierungstechnik, Uwe Probst, Vieweg Verlag • Leistungselektronische Schaltungen: Funktion, und Anwendung, D. Schröder, Springer 				

Advanced Control Concepts					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminaristischer Unterricht	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h		Gruppengröße Max. 40
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Der erfolgreiche Abschluss dieses Moduls befähigt die Studierenden dazu, Methoden der experimentellen Identifikation dynamischer Systeme unter Nutzung deterministischer und stochastischer Testsignale anforderungsgerecht auszuwählen und anzuwenden. Darauf aufbauend sind sie in der Lage, diese so gewonnenen Modelle in Verbindung mit dem Konzept der modellbasierten prädiktiven Regelung (MPC) einzusetzen.</p> <p>Ferner können sie die wesentlichen Eigenschaften von MPC-Konzepten mit linearen Prozessmodellen analysieren und den Einfluss der jeweiligen Optimierungsparameter qualifiziert abschätzen. Im Gegensatz zu MPC verfolgt Fuzzy Control den Ansatz, bewusst auf ein Prozessmodell zu verzichten. Hier sind die Studierenden nach Abschluss des Moduls befähigt, die wichtigsten Grundstrukturen von Fuzzy-Reglern anzugeben bzw. zu unterscheiden und diese auf praktische Problemstellungen anzuwenden.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Dieses Modul wird noch durch begleitende Projekte im Bereich „Masterprojekt“ ergänzt. Diese Kombination vermittelt den Studierenden die Schlüsselqualifikationen Konfliktfähigkeit, Teamfähigkeit, Argumentations- und Diskussionsfähigkeit, Zuverlässigkeit, interdisziplinäres Denken und Handeln, Selbstorganisation und strukturiertes Handeln, Zeitmanagement.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematische Prozessmodelle und ihre experimentelle Identifikation: Klassifizierung von Modellen, Begriffsdefinitionen, parametrische/nichtparametrische Modelle, zeitdiskrete Impulsantwort, relevante Testsignale (Sprung, PRBS, ...). • Modellbasierte prädiktive Regelung (MPC): Grundkonzept, Grundlagen der modellgestützten Prädiktion, MPC mit linearen Prozessmodellen, Nutzung der Model Predictive Control Toolbox (MATLAB), Applikationen. • Fuzzy Control: Grundkonzept, Fuzzy Sets, Fuzzy Inferenz, Strukturen und Einsatzszenarien von Fuzzy Control, Applikationen. 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Seminaristischer Unterricht, teilweise begleitet durch die Bearbeitung von Problemstellungen mit Hilfe von MATLAB/Simulink in Kleingruppen.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>formal: keine inhaltlich: Grundlagen dynamischer Systeme, fundierte Kenntnisse der Regelungstechnik, zeitdiskrete Systeme (Differenzgleichungen), MATLAB/Simulink.</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Eine Modulprüfung in Form der mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur)</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls</p> <p>Wahlfachmodul im Master Elektrotechnik, Nachhaltige Ingenieurwissenschaft und Maschinenbau, Schwerpunkt Virtuelle Produktentwicklung Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Maschinenbau, Schwerpunkt Mechatronik</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote</p> <p>Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Andreas Bunzemeier (Modulbeauftragter)</p>				
11	<p>Literatur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isermann, R., Münchhof, M.: „Identification of Dynamic Systems - An Introduction with Applications“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011 • Camacho, E.F., Bordons Alba, C.: „Model Predictive Control“, Springer, Berlin, 2008 • Wang, L.: „Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB®“, Springer, Berlin, 2009 • Jantzen, J.: Foundations of Fuzzy Control: A Practical Approach, 2nd Edition“, Wiley, 2013 <p>Weitere aktuelle Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.</p>				

Rapid Control Prototyping					Maschinenbau
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminar	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h	Gruppengröße 20	
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls kennen die Studierenden den Weg des systematischen modellbasierten Steuerungs- und Reglerentwurfs sowie die konkrete Umsetzung der Regelung auf Basis eines rechner- bzw. mikrocontrollerbasierenden Systems. Sie sind in der Lage für die einfachen mechatronischen Systeme die Steuerungs- und Regelungssoftware nach der Methode des Rapid Control Prototyping (RCP) zu entwickeln, zu implementieren und zu testen. An typischen Applikationen der Mechatronik wird die Entwicklungssystematik und der Umgang mit professionellen Entwicklungswerkzeugen (Matlab/Simulink, dSpace...) an realen Prozessen vermittelt.</p> <p>Die Studierenden können Regelsysteme systematisch entwerfen, beurteilen und realisieren, sowie die erarbeiteten Lösungen in fachlichen Diskussionen präsentieren und begründen.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Lehrinhalte und Lehrform des Moduls fördern das Abstraktionsvermögen und die Fähigkeit des wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens. Der Lehrstoff appelliert an die instrumentellen und systemischen Kompetenzen, fordert die praktische Anwendung von Methodenwissen und schult mathematische Problemlösungskompetenzen.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • RCP-Entwicklungssystematik, Software- bzw. Hardware-in-the-loop • Automatische Codegenerierung • Hard- und Software-Tools für das Zielsystem • Rapid Control Prototyping Plattform der Firma dSpace • Low-Cost Embedded Microcontroller als Rapid Control Prototyping Plattform • Zeitdiskrete Systeme • Entwurf digitaler Regelung 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Vorlesung, Kleingruppenübungen oder Praktika, Seminaristischer Unterricht</p> <p>Es werden zunächst die theoretischen Inhalte komprimiert vermittelt. Anschließend werden spezifische Themen durch selbstständige Arbeit der Studierenden vertieft und in Seminarvorträgen vorgetragen. Ein Teil des Unterrichts erfolgt in Form einer praktischen Arbeit, wo die Studierenden selbstständig verschiedene regelungstechnische Aufgaben mit Hilfe von RCP-Tools bearbeiten und implementieren.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>formal: keine inhaltlich: Grundlegende Kenntnisse der Mess- und Regelungstechnik, Mikroprozessortechnik/SPS, Informatik und Regelungstechnik mechatronischer Systeme</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Eine Modulprüfung in Form der mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur)</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls</p> <p>Wahlfachmodul im Master Maschinenbau, Schwerpunkt Virtuelle Produktentwicklung Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Maschinenbau, Schwerpunkt Mechatronik</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote</p> <p>Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Roustiam Chakirov (Modulbeauftragter)</p>				
11	<p>Literatur</p> <p>Lehrbuch: D. Abel, A. Bollig: Rapid Control Prototyping, Springer-Verlag R. Isermann: Mechatronic Systems Fundamentals, Springer-Verlag I. Landau, G. Zito: Digital Control Systems: Design, Identification and Implementation, Springer-Verlag</p> <p>Weitere themenbezogene Literatur wird zu Beginn des Seminars bekanntgegeben.</p>				

Ausgewählte Kapitel nachhaltiger Technologien				Nachhaltige Ingenieurwissenschaft		
Kenn-Nr.	Workload 180 h	Credits 6 CP	Semester 2. Fachsemester	Häufigkeit jedes WS	Dauer 1 Semester	
1	Lehrveranstaltung: a) LCA b) Sektorkopplung		Kontaktzeit 2 SWS / 30 h 2 SWS / 30 h	Selbststudium insges. 120 h	Gruppengröße 20	
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen a) LCA Die Studierenden bekommen einen Literaturüberblick zu aktuellen LCA-Studien und Systemanalysen für aktuelle technischer Entwicklungen und werden so in die Lage versetzt, deren Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit zu beurteilen. b) Sektorkopplung Die Studierenden erhalten einen Überblick zu aktuellen Methoden und technischen Entwicklungen der Sektorkopplung und werden in die Lage versetzt, anhand von Beispielen Voraussetzungen und konkrete technische Kreisläufe kritisch zu bewerten.					
3	Inhalte a) LCA Ausgewählte Lebenszyklusanalysen und Systemanalysen zu verschiedenen Sektorkopplungstechnologien. Dabei liegt der Schwerpunkt auf P-t-X Technologien. b) Sektorkopplung <ul style="list-style-type: none"> Nachhaltige Produktion und Verteilung von Energie mit Schwerpunkten Gas und Wärme Energiespeicherung; Methoden und technische Entwicklungen, Schwerpunkt auf Wasserstoff Sektorkopplung: Methoden, technische Entwicklungen, kritische Einordnung mit einem Schwerpunkt auf Erneuerbaren Energien Praktische Vertiefung mit ausgewählten Simulationsmodellen (z.B. in Matlab Simulink/Simscape) 					
4	Lehrformen Das Modul besteht aus zwei Teilen. Durch Vorlesungs- und praktische Übungsanteile ergänzter seminaristischer Unterricht unterstützt durch Vorarbeit der Lernenden in Lehrbuch und aktueller Literatur.					
5	Teilnahmevoraussetzungen Formal keine, inhaltlich: LCA: Grundlegende methodische Kenntnisse aus dem Bachelormodul LCA und Nachhaltigkeitsanalyse, hilfreich: gute Fachenglischkenntnisse. Sektorkopplung: solide Kenntnisse aus Bachelormodulen zu Erneuerbaren Energien und Physik; hilfreich: rudimentäre Kenntnisse von MATLAB/Simulink					
6	Prüfungsformen Zwei getrennte Teilmodulprüfungen für a) und b) jeweils in Form einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur oder Ausarbeitung).					
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung					
8	Verwendung des Moduls Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Nachhaltige Ingenieurwissenschaft Sektorkopplung ist auch Wahlfachmodul im Master Elektrotechnik und Maschinenbau					
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO					

10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</p> <p>a) Prof. Dr. Stefanie Meilinger, b) Prof. Dr. Tanja Clees (Modulbeauftragte)</p>
11	<p>Literatur</p> <p>Aktuelle Artikel, Studien, Simulationsmodelle werden in den Veranstaltungen bekannt gegeben.</p> <p>Außerdem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • E-Book: Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien: Systemtechnik · Wirtschaftlichkeit · Umweltaspekte, Springer, 2020 • E-Book: Oliver D. Doleski (Hrsg.), Herausforderung Utility 4.0: Wie sich die Energiewirtschaft im Zeitalter der Digitalisierung verändert. Springer Vieweg, 2017 • E-Book: Oliver D. Doleski (Hrsg.), Digitale Dekarbonisierung: Technologieoffen die Klimaziele erreichen. Springer Vieweg, 2021 • E-Book: Richard Zahoransky (Hrsg.): Energietechnik: Systeme zur konventionellen und erneuerbaren Energieumwandlung. Kompaktwissen für Studium und Beruf, Springer Vieweg, 2019 (2021) • E-Book: Karl Strauß, Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, Springer, 2016 • E-Book: Martin Pehnt (Hrsg.), Energieeffizienz, Ein Lehr- und Handbuch, 1. Nachdruck, 2010, Springer

Elektrische Energiesysteme					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminar		Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h	Gruppengröße 20
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis von leistungselektronischen Schaltungen und deren Anwendung in der Strom- und Energieversorgung. Sie können Themen der Energiesysteme technisch bewerten.				
3	Inhalte Vorlesung - Isolierende Gleichspannungswandler und Schaltnetzteile - Leistungselektronik in Drehstromnetzen, Inselnetzen, HGÜ und FACTS - Neue Halbleitermaterialien (SiC, GaN) sowie magnetische Bauteile und deren Anwendung - Gastbeiträge Industrie und Exkursion				
4	Lehrformen Durch Vorlesungs- und praktische Übungsanteile ergänzter seminaristischer Unterricht.				
5	Teilnahmevoraussetzungen Formal keine, inhaltlich: gute Kenntnisse der Netzwerktechnik/Netzanbindung und Smart Grids sowie effizienter Verkehrssysteme				
6	Prüfungsformen Modulprüfungen einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung				
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung				
8	Verwendung des Moduls Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Nachhaltige Ingenieurwissenschaft Wahlfachmodul im Master Elektrotechnik und Maschinenbau				
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO				
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr.-Ing. Marco Jung (Modulbeauftragter)				
11	Literatur Literaturhinweise werden in der Veranstaltung oder vorab in LEA bekannt gegeben.				

Umwelt und Verkehr					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminar		Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h	Gruppengröße 20
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Die Lehrveranstaltung vermittelt Prinzipien unterschiedlicher Antriebstechnologien und beleuchtet den Zusammenhang zwischen verkehrsbedingtem Ressourcenverbrauch und Emissionen und verschiedenen Umweltwirkungen. Dabei wird auf die Besonderheiten unterschiedlicher Verkehrsträger und Technologien eingegangen. Die Studierenden lernen Ursachen und Umweltwirkungen verkehrsbedingter Emissionen kennen und erwerben ein vertieftes Verständnis der hierzu notwendigen technischen und umweltwissenschaftlichen Grundlagen. .				
3	Inhalte Der Verkehrssektor ist in Deutschland derzeit für ca. ein Viertel des Primärenergieverbrauchs verantwortlich. In absoluten Zahlen stieg er seit 1995 trotz geringerer spezifischer Verbräuche um durchschnittlich 10%. Weltweit ist der Verkehrssektor die Hauptursache für den Anstieg des globalen Rohölverbrauchs. Die im Mobilitätssektor vorherrschend eingesetzten Technologien basieren nach wie vor auf Verbrennungsmotoren mit ihren typischen Ressourcenverbräuchen und Emissionen. Alternative Antriebskonzepte führen zu einem veränderten Ressourcenbedarf und andersartigen Umweltwirkungen. Die Vorlesung geht insb. auf folgende Themen ein: <ul style="list-style-type: none"> • Verkehrsbedingter Energiebedarf • Klassische Antriebskonzepte • Ursachen verkehrsbedingter Emissionen und Ressourcenverbräuchen (insb. Straßenverkehr und Flugverkehr) • Emissionsbedingte Umweltwirkungen (Treibhauseffekt, Photosmog, Feinstaub, Säurebildung, Lärm) • Alternative Antriebe und deren potentielle Umweltwirkung 				
4	Lehrformen Durch Vorlesungs- und praktische Übungsanteile ergänzter seminaristischer Unterricht unterstützt durch Vorarbeit der Lernenden in Lehrbuch und aktueller Literatur.				
5	Teilnahmevoraussetzungen Formal keine, inhaltlich: Solide Kenntnisse aus dem Bachelormodul Chemie und Umweltwissenschaften				
6	Prüfungsformen Modulprüfung in Form einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung				
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung				
8	Verwendung des Moduls Pflichtmodul (Spezialisierungsbereich) im Master Nachhaltige Ingenieurwissenschaft Wahlfach im Master Elektrotechnik und Maschinenbau				
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO				
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr. Stefanie Meilinger (Modulbeauftragte)				
11	Literatur Klaus Schreiner "Basiswissen Verbrennungsmotoren", 2011 Anton Karle „Elektromobilität – Grundlagen und Praxis“, 2018 (3) Helmut Eichseder und Manfred Klell „Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik“ 2012(3) Cornel Stan, "Alternative Antriebe für Automobile", 2012(3) Nelson, E.S. & D.R. Reddy, "Green Aviation" 2018 Aktuelle Berichte und Statistiken des Umweltbundesamtes Weitere Literatur wird während der Veranstaltung bekannt gegeben.				

Sektorkopplung					
Kenn-Nr.	Workload 90 h	Credits 3 CP	Semester 2. Fachsemester	Häufigkeit jedes WS	Dauer 1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Vorlesung/Übung		Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h	Gruppengröße 20
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Die Studierenden erhalten einen Überblick zu aktuellen Methoden und technischen Entwicklungen der Sektorkopplung und werden in die Lage versetzt, anhand von Beispielen Voraussetzungen und konkrete technische Kreisläufe kritisch zu bewerten.				
3	Inhalte Hinweis: Es handelt sich um dieselbe Veranstaltung „Sektorkopplung“ im Modul Ausgewählte Kapitel nachhaltiger Technologien (Pflicht NI), hier als Wahlfach für die Master ET und MB ausgliedert. <ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltige Produktion und Verteilung von Energie mit Schwerpunkten Gas und Wärme • Energiespeicherung; Methoden und technische Entwicklungen, Schwerpunkt auf Wasserstoff • Sektorkopplung: Methoden, technische Entwicklungen, kritische Einordnung mit einem Schwerpunkt auf Erneuerbaren Energien • Praktische Vertiefung mit ausgewählten Simulationsmodellen (z.B. in Matlab Simulink/Simscape) 				
4	Lehrformen Durch Vorlesungs- und praktische Übungsanteile ergänzter seminaristischer Unterricht unterstützt durch Vorarbeit der Lernenden in Lehrbuch und aktueller Literatur.				
5	Teilnahmevoraussetzungen Formal keine, inhaltlich: inhaltlich: solide Kenntnisse aus Bachelormodulen zu Erneuerbaren Energien und Physik; hilfreich: rudimentäre Kenntnisse von MATLAB/Simulink				
6	Prüfungsformen Modulprüfungen in Form einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur oder Ausarbeitung).				
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung				
8	Verwendung des Moduls Wahlfach im Master Elektrotechnik und Maschinenbau (zugleich Pflichtveranstaltung für NI im Modul Ausgewählte Kapitel nachhaltiger Technologien)				
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO				
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr. Tanja Clees (Modulbeauftragte)				
11	Literatur Aktuelle Artikel, Studien, Simulationsmodelle werden in den Veranstaltungen bekannt gegeben. Außerdem: <ul style="list-style-type: none"> • E-Book: Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien: Systemtechnik · Wirtschaftlichkeit · Umweltaspekte, Springer, 2020 • E-Book: Oliver D. Doleski (Hrsg.), Herausforderung Utility 4.0: Wie sich die Energiewirtschaft im Zeitalter der Digitalisierung verändert. Springer Vieweg, 2017 • E-Book: Oliver D. Doleski (Hrsg.), Digitale Dekarbonisierung: Technologieoffen die Klimaziele erreichen. Springer Vieweg, 2021 • E-Book: Richard Zahoransky (Hrsg.): Energietechnik: Systeme zur konventionellen und erneuerbaren Energieumwandlung. Kompaktwissen für Studium und Beruf, Springer Vieweg, 2019 (2021) • E-Book: Karl Strauß, Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, Springer, 2016 • E-Book: Martin Pehnt (Hrsg.), Energieeffizienz, Ein Lehr- und Handbuch, 1. Nachdruck, 2010, Springer 				

Automation				Maschinenbau	
Kenn-Nr.	Workload 180 h	Credits 6 CP	Semester 2. Fachsemester	Häufigkeit jedes WS	Dauer 1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminaristischer Unterricht	Kontaktzeit 4 SWS / 60 h	Selbststudium 120 h		Gruppengröße 15
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Die Produktionstechnik gliedert sich in die Fertigungs-, Verfahrens- und Energietechnik. Aufgabe der Produktionstechnik ist die technische und logistische Gestaltung von effizienten industriellen Produktionssystemen. Dabei spielen zur Produktion von Stückgütern die Fabrikautomation und zur Produktion von Fließgütern die Prozess- und Anlagentechnik eine wichtige Rolle.</p> <p>Die Studierenden erhalten detaillierte Fachkenntnisse der Planung und des Betriebs automatisierter Produktionsanlagen für Stückgüter. Sie beherrschen dabei die grundlegenden Produktionsverfahren und Automatisierungskonzepte. Desweiteren beherrschen sie die Grundlagen der automatisierungsgerechten Produktgestaltung und die organisatorischen Grundlagen des Fabrikbetriebs. Zudem sind sie mit den einzelnen Phasen der Projektabwicklung vertraut. Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, automatisierte Produktionsanlagen für Stückgüter hinsichtlich ihrer Funktion und Automatisierungssysteme zu verstehen und sich bei Bedarf selbständig weiter in die Thematik einzuarbeiten.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u> Lehrinhalte und Lehrform des Moduls fördern das Organisations- und Abstraktionsvermögen und die Fähigkeit des wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens. Der Lehrstoff appelliert an die instrumentellen und systemischen Kompetenzen, fordert die praktische Anwendung von Methodenwissen, praktische Vorstellungskraft und Wissenstransfer und schult Problemlösungskompetenzen.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <p>Unter Fabrikautomation versteht man die Automatisierung der Stückfertigung (diskontinuierliche Produktion) in der Fabrik. Die Fabrikautomation umfasst Maschinenbau, Informationstechnik und Elektrotechnik / Elektronik. Fabrikautomation ist die Voraussetzung für die Produktion von qualitativ hochwertigen Massengütern (z.B. Kraftfahrzeuge, Unterhaltungselektronik, IT-Hardware) zu angemessenen Kosten auch in Hochlohnländern. Besondere Bedeutung erlangen dabei flexible automatisierte Produktionsanlagen, die es erlauben, verschiedene Varianten eines Produkts in kleinen Losgrößen, teilweise kundenspezifisch, zu fertigen. Dabei geht der Trend zu immer kürzeren Produktlebenszyklen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Fabrikorganisation • Allgemeine Prinzipien der Fabrikautomation • Funktion der wichtigsten Subsysteme der Fabrikautomation: Fördertechnik, Handhabungstechnik, Fertigungstechnik, Anlagensteuerung • Phasen der Anlagenplanung, Erstellung und Bewertung von Layouts • Planungsbeispiele • Neue Trends in der Fabrikautomation: Industrie 4.0,... 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Seminaristischer Unterricht mit Vorlesungsanteilen und Übungen</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>formal: keine inhaltlich: Grundwissen des Maschinenbaus und der Fertigungstechnik (Fabrikautomation)</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Eine Modulprüfung in Form der mündlichen oder schriftlichen Prüfung oder Ausarbeitung und Erörterung</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <p>Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls</p> <p>Wahlfachmodul im Master Maschinenbau</p>				

9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr.-Ing. Rainer Bastert (Modulbeauftragter)
11	Literatur <ul style="list-style-type: none"> • Hesse, S.: Fertigungsautomatisierung; Automatisierungsmittel, Gestaltung und Funktion, Vieweg Verlag • Martin, Heinrich / Römisch, Peter / Weidlich, Andreas: Materialflusstechnik; Konstruktion und Berechnung von Transport-, Umschlag- und Lagermitteln; 8. Aufl. 2004, Vieweg Verlag • Wiendahl, Hans-Peter: Betriebsorganisation für Ingenieure, 5. Aufl. 2005, Carl Hanser Verlag München Wien • Sommerer, G.: Unternehmenslogistik, Hanser Verlag, München, Wien, 1998 • Grundig, C.-G.: Fabrikplanung, Hanser Verlag, München, Wien, 3.Aufl. 2009 • Hesse, Stefan: Grundlagen der Handhabungstechnik, Hanser Verlag, München: 2013. • Ten Hompel, Michael; Jünemann, Reinhardt; Nagel, Lars; Schmidt, Thorsten: Materialflusssysteme - Förder- und Lagertechnik -;Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 3.Aufl. 2007 • Dieter Arnold / Kai Furmans: Materialfluss in Logistiksystemen; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 6. Aufl. 2009 • Aktuelle Fachzeitschriften zur Seminarvorbereitung

Objektorientierte Steuerungstechnik					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminaristischer Unterricht	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h		Gruppengröße 30
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Die Studierenden sind in der Lage moderne Methoden objektorientierter Steuerungstechnik umzusetzen und Softwareanforderungen modellbasiert zu spezifizieren und zu verwalten. Damit können Sie auch größere oder komplexere industrielle Automatisierungsprojekte, die ggf. in Teams aufgeteilt werden müssen, erfolgreich umsetzen und oder später leiten und organisieren und damit eine wiederverwendbare und wartbare Softwarebasis schaffen.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u> Dieses Modul wird noch durch begleitende Projekte im Bereich „Masterprojekt“ ergänzt. Diese Kombination vermittelt den Studierenden die Schlüsselqualifikationen Konfliktfähigkeit, Teamfähigkeit, Argumentations- und Diskussionsfähigkeit, Zuverlässigkeit, interdisziplinäres Denken und Handeln, Selbstorganisation und strukturiertes Handeln, Zeitmanagement.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requirements Engineering: Anforderungen ermitteln, modellieren, analysieren und verwalten • Moderne Methoden der Steuerungsrealisierung: Objektorientierte Ansätze, Prinzipien und Methoden • Modellbasierte Softwarespezifikation aus statischer und dynamischer Perspektive z.B. Klassen-, und Zustandsdiagramme (endliche Automaten) • SPS Software nach der IEC 61131-3 objektorientiert gestalten • Weitere moderne Methoden der Steuerungsrealisierung 				
4	<p>Lehrformen Seminaristischer Unterricht. Im Projektteil sollen praktischen Anwendungen umgesetzt werden bzw. grundlegende Fragestellungen bearbeitet werden.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen inhaltlich: Grundkenntnisse der Steuerungstechnik und der Programmierung von Steuerungen</p>				
6	<p>Prüfungsformen Mündliche oder schriftliche Prüfung</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Prüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls Wahlfachmodul im Master Elektrotechnik, Maschinenbau und Nachhaltige Ingenieurwissenschaft</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr.-Ing. Ingo Groß</p>				
11	<p>Literatur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Litz, L.: Grundlagen der Automatisierungstechnik, Oldenbourg, München, 2005 • Balzert, H.: Lehrbuch der Softwaretechnik, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2009 • Witsch, D.; Wannegat, A.; Vogel-Heuser, B.: Entwurf wiederverwendbarer Steuerungssoftware mit Objektorientierung und UML, atp, 5, 2008, pp. 54-60 • Vogel-Heuser, B.; Wannagat, A.: Modulares Engineering und Wiederverwendung mit CoDeSys V3 für Automatisierungslösungen mit objektorientiertem Ansatz, Oldenbourg, München, 2009 • Pohl K.: Basiswissen Requirements Engineering, dpunkt Verlag Heidelberg, 2011 • Ebert C.: Systematisches Requirements Engineering, dpunkt Verlag Heidelberg, 2012 				

Radioastronomische Instrumentierung					Elektrotechnik
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminar	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 90 h	Gruppengröße 20	
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Das Spezialisierungsmodul gibt eine Einführung in die Techniken, die aktuell in der Radioastronomie (Frequenzbereich: 80 MHz bis 4,7 THz) verwendet und entwickelt werden. Um maximal empfindliche Empfangssysteme zu ermöglichen, werden oftmals Techniken eingesetzt, die an den Grenzen des derzeit technisch Möglichen sind und bisher noch nicht in der Industrie verfolgt werden. Neben den technischen Aspekten der Radioastronomie wird auch immer wieder der Bezug zu aktuellen astronomischen Forschungsfragen hergestellt.</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden zum einen Kenntnisse über die technischen Herausforderungen bei der Entwicklung von extrem empfindlichen Geräten für die Radioastronomie. Zum anderen sind die Studierenden fähig, sich selbst eigenverantwortlich wissenschaftliche Fachinhalte zu erarbeiten und dabei Bücher oder Fachartikel zu verwenden.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Die Studierenden erlernen methodisches wissenschaftliches Arbeiten sowie die analytische Bearbeitung und Lösung von Projektzielen im wissenschaftlichen Umfeld (instrumentelle und systemische Kompetenzen). Sie können sich eigenständig neue fachliche Themen in einem vorgegebenen Zeitrahmen erarbeiten und eigenverantwortlich umsetzen und präsentieren. Die erlangten Schlüsselkompetenzen befähigen die Studierenden, umfangreiche Projekte in kleinere Einheiten zu unterteilen, die Teilergebnisse zu bearbeiten und die Projekte erfolgreich abzuschließen.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in Astrophysik & Radioastronomie. Aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen. • Beispiele für Radioteleskope: 100-m RT Effelsberg, APEX, SOFIA, MeerKAT / SKA • Mikrowellentechnik (Maxwell-Gleichung), Leitungstheorie, S-Parameter, Hohlleiter, Tertiär-Optik, Mikrowellenbauteile (MMIC, HEMT, SIS, HEB), Oszillatoren, Photonics • Polarisation (linear, circular) und Stokes-Parameter • Mikrowellenradiometer: Grenzempfindlichkeit (Radiometer-Formel), Aufbau von Radiometern, rauscharme Mikrowellenverstärker, mm- / submm-Detektoren (THz Bereich), inkohärente Detektoren (Bolometer, Microwave kinetic inductance detectors), Kryotechnik • Spektrometer: Filterbankspektrometer, Acousto-Optical Spektrometer (AOS), Autokorrelator-Spektrometer, Fast Fourier Transform Spektrometer (FFTS) • Antennen / Teleskopkonzepte: Antennentypen, Dipol, Parabolreflektor, Interferometer, Ausblick: MeerKAT, SKA • Beobachtungsverfahren in der Radioastronomie: Pointing / Fokus, Messungen von Punktquellen sowie ausgedehnten Quellen und Feldern, Messung von Linienstrahlung (Spektroskopie), Neutronensterne / Pulsare (Suche, Timing), VLBI (very long baseline interferometrie) 				
4	<p>Lehrformen</p> <p>Seminaristischer Unterricht</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen</p> <p>formal: keine</p> <p>inhaltlich: Physik: Grundlagen, Optik</p> <p>Elektrotechnik: Digital- und Analogelektronik, Hochfrequenz-Technik</p>				
6	<p>Prüfungsformen</p> <p>Modulprüfung in Form der mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur)</p>				

7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung
8	Verwendung des Moduls Wahlfachmodul im Master Elektrotechnik
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr. rer. nat. Bernd Klein (Modulbeauftragter)
11	<p>Literatur</p> <p>Lehrbücher:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Landolt-Börnstein, Astronomy, Astrophysics and Cosmology, Chapter „Radio astronomy and instrumentation“ (Richard Wielebinski & Bernd Klein), Springer 2010 • Wilson, Rohlfs & Hüttenmeister, „Tools of Radioastronomie“, Springer 2009 • Hachenberg & Vowinkel, „Technische Grundlagen der Radioastronomie“, BI Wissenschaftsverlag, 1982 <p>Publikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klein, B., Philipp, S.D., Güsten, R., Krämer, I., Samtleben, D. "A new generation of spectrometers for radio astronomy: Fast Fourier Transform Spectrometer", 2006, Proc. of the SPIE, Millimeter and Submillimeter Detectors and Instrumentation for Astronomy III. Vol. 6275, pp. 627511 • Klein, B., Hochgürtel, S., Krämer, I., Bell, A., Güsten, R., "High-resolution wide-band Fast-Fourier Transform spectrometers", SOFIA/GREAT special issue, 2012, A&A, 542, L3 <p>Weitere themenbezogene Literatur wird zu Beginn des Seminars bekanntgegeben.</p>

Energie 4.0					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Semester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminaristischer Unterricht	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h		Gruppengröße Max. 40
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden einen vertieften Einblick in Digitalisierungsaspekte der Energiewende, Internet of Things und Big Data als fachübergreifende Themen des Maschinenbaus und der Elektrotechnik. Sie sind in der Lage ausgewählte technische Lösungen zu entwerfen und im Hinblick auf die Datenmodellierung zu analysieren. Sie kennen den aktuellen Stand der technischen Entwicklung und Forschung. Sie sind in der Lage mit Apache Cassandra, NiFi & KNIME umzugehen. Die Studierenden können hierauf aufbauend Methoden und Verfahren auch auf verwandte Fragestellungen in den Bereichen Energie 4.0 bzw. Industrie 4.0. übertragen.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u> Übertrag von bereits vorhandenem und über die LV erarbeitetem Wissen auf wissenschaftliche Fragestellungen der modernen Energie- und Datenwelt, Eigenständigkeit und analytisches Denken, Problemlösungskompetenz.</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energie 4.0 im Überblick - Übersicht Sektorkopplung: technische Entwicklungen - Datenmodellierung für Sensor- und Simulationsdaten - Industrie 4.0 bzw. IoT (Internet of Things): netzwerkfähige Sensorik, Workflows - Big Data Architektur & Analytics, v.a. Apache Cassandra, Apache NiFi und KNIME 				
4	<p>Lehrformen Seminaristischer Unterricht mit Hands-On-Praktika zu Cassandra, NiFi, KNIME. Vorlesungsanteile komprimiert zu Beginn. Lernende entwerfen und analysieren über wissenschaftliche Artikel und (Simulink-)Vorlagen Datenmodellierung und Big-Data-Workflows, z.B. für Windräder, Photovoltaikanlagen, Brennstoffzellen, Speicher, Blockheizkraftwerke, Netze.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen formal: keine inhaltlich: Technische Thermodynamik aus dem Modul Physik, Simulink-Kenntnisse hilfreich</p>				
6	<p>Prüfungsformen: Eine Modulprüfung in Form der mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur) oder Ausarbeitung und Erörterung</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls Wahlfachmodul im Master Elektrotechnik, Nachhaltige Ingenieurwissenschaft und Maschinenbau</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr. Tanja Clees (Modulbeauftragte)</p>				
11	<p>Literatur</p> <ul style="list-style-type: none"> • E-Book: Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien [Online-Ressource] Systemtechnik · Wirtschaftlichkeit · Umweltaspekte, Springer, 2020 • E-Book: Oliver D. Doleski (Hrsg.), Digitale Dekarbonisierung: Technologieoffen die Klimaziele erreichen. Springer Vieweg, 2021 • E-Book: Richard Zahoransky (Hrsg.): Energietechnik: Systeme zur konventionellen und erneuerbaren Energiewandlung. Kompaktwissen für Studium und Beruf, Springer Vieweg, 2019 (2021) • E-Book: Nathan Marz: Big Data: Entwicklung und Programmierung von Systemen für große Datenmengen und Einsatz der Lambda-Architektur, mitp-Verlag, 2016 • E-Book: Aaron Plötz: Mastering Apache Cassandra 3.x - Third Edition, Packt Publishing, 2018 				

Innovative Werkstofftechnik					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	90 h	3 CP	2. Semester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Seminaristischer Unterricht	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 60 h	Gruppengröße Max. 40	
2	Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Die Studierenden erarbeiten sich im Fach „Innovative Werkstofftechnik“ folgende Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> - Ganzheitliche, ökologische Betrachtung von Werkstoffen über den gesamten Lebenszyklus von Bauteilen von der Herstellung über den Einsatz bis hin zum Recycling - Grundlegende Fähigkeiten in der Anwendung und Nutzung digitaler Methoden der Werkstofftechnik wie bspw. Werkstoffdatenbanken und Simulationstools - Kritischer Umgang mit den Vor- und Nachteilen digitaler und experimenteller Methoden der Werkstofftechnik 				
3	Inhalte Werkstoffe sind eine treibende Kraft für industrielle Produktentwicklungen. So sind eine Vielzahl von neuen Produkten auf Werkstoffinnovationen zurückzuführen. Gleichzeitig entstehen zusätzliche Herausforderungen bei der Fertigung, wie das Beispiel der bleifreien Kupferwerkstoffe aufgrund steigender ökologischer Anforderungen und geänderter gesetzlicher Rahmenbedingungen zeigt. Das Fach innovative Werkstofftechnik gibt anhand von ausgewählten Bauteilen und Anwendungen einen Einblick in den kompletten Lebenszyklus von Bauteilen unter besonderer Berücksichtigung eines digital optimierten, kostengünstigen und ressourceneffizienten Werkstoffeinsatzes. Dabei wird auch auf die Herausforderungen beim Recycling der Werkstoffe eingegangen. Zusätzlich werden gesellschaftliche Aspekte wie Verfügbarkeit sowie Substitution von Werkstoffen durch neue Innovationen im Werkstoffbereich diskutiert.				
4	Lehrformen Seminaristischer Unterricht mit digitalen Übungsanteilen Die Lehrveranstaltung wird in englischer Sprache angeboten.				
5	Teilnahmevoraussetzungen formal: keine inhaltlich: Kenntnisse der englischen Sprache sowie sichere Grundkenntnisse der Werkstoffkunde				
6	Prüfungsformen: Eine Modulprüfung in Form der mündlichen oder schriftlichen Prüfung (Klausur) oder Ausarbeitung				
7	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung				
8	Verwendung des Moduls Wahlfachmodul im Master Elektrotechnik, Nachhaltige Ingenieurwissenschaft und Maschinenbau				
9	Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO				
10	Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Prof. Dr.-Ing. Corinna Thomser (Modulbeauftragte)				
11	Literatur <ul style="list-style-type: none"> • Hans Martens und Daniel Goldmann: „Recyclingtechnik“, Fachbuch für Lehre und Praxis, ISBN 978-3-658-02786-5, 2016. • „Vom Material zur Innovation, Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung“, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, 20.03.2015. • Richtlinie 2011/65/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Juni 2011 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten. • Langenberg P., Thomser C., Sturm J.C., Kucharczyk P.: „Integration of Casting Process Simulation into Safety-Oriented Component Design - Status and Outlook“, CastTec Conference, November 2016, Darmstadt. • Udo Mathee: „Stabile Prozesse und überlegene Lösungen durch Werkstoffdaten in Wertschöpfungsketten, Stahl und Eisen (2017), Heft 7, Seite 45–49. 				

Masterprojekt 2					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	210 h	7 CP	2. Fachsemester	jedes WS	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Projekt I	Kontaktzeit 2 SWS / 60 h	Selbststudium 150 h		Gruppengröße 1 oder mehr
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls haben die Studierenden das bisher im Studiengang erworbene Fachwissen exemplarisch angewandt und gelernt, sich zusätzliches Fachwissen selbst anzueignen. Sie können modulübergreifende Aufgabenstellungen eigenständig auf wissenschaftlicher Grundlage bearbeiten.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u> Die Studierenden lernen ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt selbständig zu bearbeiten. Sie sind in der Lage den Stand der Forschung zu ermitteln, auf die eigene Problemstellung zu beziehen und eigene Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu planen und durchzuführen.</p>				
3	<p>Inhalte Durchführen eines wissenschaftlichen oder anwendungsorientierten Projektes mit den Schwerpunkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erfassen und Detaillieren einer vorgegebenen Aufgabenstellung • Ziel- und ergebnisorientierte Planung des Projektes • Recherche von benötigtem Hintergrund- und Fachwissen aus geeigneten Publikationen • Bearbeitung der Teilaufgaben mit wissenschaftlicher Sorgfalt und Abschluss des Gesamtprojektes • Wissenschaftliche Dokumentation des Projektes. Art und Umfang der Dokumentation ist mit dem jeweiligen Dozent abzustimmen. Als Richtgröße dienen 25-30 DIN-A4 Seiten. Alternativ zur Projektdokumentation kann auch eine Veröffentlichung vorbereitet werden. <p>Das Projektthema wird aktuell festgelegt.</p>				
4	<p>Lehrformen Projektarbeit (Definition, Planung, Durchführung und Abschluss eines Projektes)</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen Bestandenes Masterprojekt 1.</p>				
6	<p>Prüfungsformen Modulprüfung in Form einer Ausarbeitung nach § 16d MPO mit mündlicher Erörterung, die auch in Form eines Seminarvortrages möglich ist. Zum Masterprojekt siehe auch § 15 MPO.</p> <p>Das Masterprojekt wird möglichst zu Beginn des Semesters verbindlich angemeldet und das Anmeldeformular in Abstimmung mit dem jeweiligen Dozenten im Prüfungssekretariat eingereicht. Mit der Anmeldung beginnt die Bearbeitungszeit.</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten Bestehen der Modulprüfung</p>				
8	<p>Verwendung des Moduls Pflichtmodul in den Masterstudiengängen Elektrotechnik, Nachhaltige Ingenieurwissenschaft und Maschinenbau</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung nach § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. Gerd Steinebach, Lehrende: Professoren/innen des Fachbereiches</p>				
11	<p>Literatur Wird durch die jeweiligen Dozenten bekanntgegeben und durch die Studierenden im Projekt recherchiert.</p>				
12	<p>Sonstige Informationen Das Masterprojekt 2 soll nach Möglichkeit auf dem Masterprojekt 1 aufbauen.</p> <p>Das Projekt dient der eigenständigen Bearbeitung eines aktuellen ingenieurwissenschaftlichen, Forschungs- oder Entwicklungsthemas und bereitet die Master-Thesis vor. Die Projektthemen kommen vorzugsweise aus Forschungs- und Entwicklungsprojekten und -tätigkeiten der Dozenten des Fachbereiches.</p>				

Master-Thesis, Master-Kolloquium					
Kenn-Nr.	Workload	Credits	Semester	Häufigkeit	Dauer
	900 h	30 CP	3. Fachsemester	jedes Semester	1 Semester
1	Lehrveranstaltung: Betreute Arbeit	Kontaktzeit 2 SWS / 30 h	Selbststudium 870 h		Gruppengröße 1 oder mehr
2	<p>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</p> <p>Die Studierenden können selbstständig und wissenschaftlich eine komplexe Aufgabenstellung bearbeiten. Innerhalb eines vorgegebenen Zeitrahmens können Sie die Aufgabenstellung detailliert und mit wissenschaftlicher Sorgfalt lösen. Sie können die Aufgabenstellung in den Stand der Technik einordnen, sich Konzepte zur Lösung erarbeiten und diese umsetzen. Sie können Versuchsaufbauten, Berechnungen, erstellte Software u. a. in einer wissenschaftlichen Ausarbeitung beschreiben und dokumentieren (Master-Thesis). Die Studierenden können komplexe Sachverhalte mit wissenschaftlichem Hintergrund strukturiert in einem vorgegebenen Zeitrahmen präsentieren und gestellte Fragen und Anmerkungen fachlich korrekt mit Bezug auf den wissenschaftlichen Hintergrund beantworten.</p> <p>Die erfolgreich abgeschlossene Master-Thesis umfasst die Befähigung zum eigenständigen wissenschaftlichen Arbeiten und zeigt, dass der Studierende für die Bearbeitung einer Dissertation geeignet ist.</p> <p><u>Schlüsselqualifikationen</u></p> <p>Die Studierenden lernen Aufgabenstellungen mit offenem Ergebnis zu bearbeiten, kreative Wege zur Lösung aufzustellen und selbstständig zu gestalten und insgesamt die gestellte Aufgabe in einem vorgegebenen Rahmen eigenständig abzuschließen (instrumentelle und systemische Kompetenzen, wissenschaftliches Arbeiten, Analytik und Abstraktionsvermögen, Methodik und Wissenstransfer, Selbständigkeit und Neugier).</p>				
3	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detaillieren einer vorgegebenen Aufgabenstellung, Einordnen in einen Gesamtzusammenhang • Zielgerichtete, eigenständige Planung von Teilaufgaben zur Lösung der Gesamtaufgabe • Recherche von benötigtem Hintergrund- und Fachwissen aus geeigneten Publikationen • Bearbeitung der Teilaufgaben auf wissenschaftlicher Basis und Abschluss der Gesamtaufgabe • Wissenschaftliche Dokumentation der durchgeführten Aufgaben und erarbeiteten Ergebnisse. • Einordnung der Ergebnisse in einen Gesamtzusammenhang und Ausblick auf mögliche weitere, folgende Aufgabenstellungen. • Vorbereiten und möglicherweise Einreichen einer Publikation zusammen mit dem Betreuer. 				
4	<p>Lehrformen Selbstständiges Arbeiten, ergänzt durch begleitende Betreuung.</p>				
5	<p>Teilnahmevoraussetzungen Siehe Prüfungsordnung</p>				
	<p>Prüfungsformen Schriftliche Ausarbeitung (Master-Thesis) und Präsentation der Ergebnisse im Rahmen des Kolloquiums.</p>				
7	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bestandene Master-Thesis - Beständenes Master-Kolloquium 				
8	<p>Verwendung des Moduls Pflichtmodul in den Master Elektrotechnik, Nachhaltige Ingenieurwissenschaft und Maschinenbau</p>				
9	<p>Stellenwert der Note für die Modulendnote Gewichtung gemäß § 26 Abs. 2 MPO</p>				
10	<p>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende Professorinnen und Professoren des Fachbereiches</p>				
11	<p>Literatur Fachbücher und aktuelle wissenschaftliche Publikationen werden durch die jeweiligen Dozenten bekanntgegeben und müssen zusätzlich selbst recherchiert werden.</p>				