

Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme

Modulhandbuch

Maschinenbau

Master of Science

Inhalt

1.	Studiengangbeschreibung.....	3
2.	Absolvent*innenprofil	4
3.	Handlungsfelder	6
4.	Studienverlaufsplan.....	8
5.	Wahlpflichtmodule	9
5.1	Smart Systems.....	9
5.2	Digitaler Zwilling	9
5.3	KI in Engineering.....	10
6.	Alternativer Studienverlaufsplan	12
7.	Modulmatrix	13
8.	Module.....	14
7.1	Numerische Mathematik/Numerische Lösungsmethoden.....	14
7.2	Digitalisierung	16
7.3	Ethik	17
7.4	Modellbildung und Simulation	18
7.5	Innovationsmanagement.....	19
7.6	Leadership und Projektleitung.....	20
7.10	Digitale Fabrik.....	21
7.11	Forschungsseminar	22
7.12	Masterthesis und Kolloquium	24
7.7	Wahlpflichtmodule Smart Systems.....	25
7.7.1	Entwicklung intelligenter Maschinenelemente	25
7.7.2	Modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme	26
7.7.3	Entwicklung antropomorpher Maschinen	27
7.8	Wahlpflichtmodule Digitaler Zwilling.....	28
7.8.1	Digitales Produktionsmanagement	28
7.8.2	Virtuelle Prozessoptimierung (vormals Virtuelle Regleroptimierung)	30
7.8.3	X-Realities in der Industrie 4.0 – Augmented, Mixed & Virtual Reality	31
7.8.4	Nichtlineare Finite-Elemente-Anwendungen.....	33
7.9	Wahlpflichtmodule KI in Engineering.....	35
7.9.1	Machine Learning	35
7.9.2	Machine Learning for Process Control (vormals KI-gestützte Regelsysteme) ..	36
7.9.3	Mensch-Maschine-Interaktion	37

1. Studiengangbeschreibung

Im Master-Studiengang Maschinenbau spiegelt sich das im **Hochschulentwicklungsplan 2030** dargelegte Leitbild und Profil der TH Köln wider. Die zentralen Werte einer offenen, kooperativen und innovativen Forschungs- und Lernkultur schaffen eine »Kultur des Ermöglichens«, in der soziale Innovationen gestaltet werden können. Aufbau und Struktur des Studiengangs ermöglichen eine flexible, experimentelle und kooperative Arbeitsweise, die in forschungs- und innovationsorientierten Lernräumen als Ort der aktiven Kompetenzvermittlung gelebt werden kann. Im Studiengang sind **forschungsstarke Professor*innen** engagiert, wodurch die Qualität und Aktualität der (forschungs- und projektbasierten) Lehre gewährleistet wird. Somit setzt der Studiengang die in den **Strategischen Leitlinien zu Lehre und Studium der TH Köln** formulierten hochschulweiten Kriterien für Studiengänge wie Kompetenzorientierung, Wissenschaftlichkeit, Digitalisierung und Interdisziplinarität um.

Mit diesem konsequent forschungsorientierten Masterstudiengang setzt die Fakultät beispielhaft die von ihr intendierte Verzahnung von anwendungsorientierter Forschung und Lehre um. Um diese Verzahnung systematisch zu leisten wurde das **House of Excellence in Engineering Education (HEEE)** gegründet, das die vielfältigen Aktivitäten im Bereich der Lehre an der Fakultät bündelt und Anreizsysteme für Lehrende bietet. Vom Präsidium der TH Köln unterstützt, werden im nächsten Schritt in enger Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Lehrentwicklung der TH Köln die anderen ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten der Hochschule einbezogen, um hochschulweit agieren zu können. Das Fundament des HEEE bildet die Verzahnung fachlicher, methodischer und sozialer Kompetenzen in den Studiengängen. In **Coachings und Trainings** können Studierende und Lehrende hier ihre Team- und Arbeitsprozesse laufend reflektieren, *lessons learned* aus Projektarbeiten formulieren und *quality patterns* für zukünftige Aufgaben entwickeln. Quer zu den gemeinsamen Lehr- und Lerngebieten der Fakultät liegen gemeinsame Forschungsthemen, die im Rahmen des *Scholarship of Teaching and Learning* bearbeitet werden. Dazu wird bspw. im Rahmen des Projekts **FutureING** in einem Mixed Reality Game in AR- und VR-Umgebungen die verzahnte Vermittlung von fachlichen und überfachlichen Kompetenzen empirisch erforscht.

Der im Studiengang Maschinenbau geleisteten Verzahnung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen liegen die drei Kompetenzcluster Technologien/Smart Technologies, Digitalisierung/Digital Engineering und Leadership/Steuerung zugrunde, die technologische und digitale Kompetenzen sowie Soft Skills vertiefen, erweitern und verbinden. Alle Module sind konsequent kompetenzorientiert ausgerichtet und sehen die Bearbeitung aktueller Problemstellungen in interdisziplinären Settings vor.

2. Absolvent*innenprofil

Im Studiengang Maschinenbau werden die zur Gestaltung des digitalen Wandels notwendigen **Metakompetenzen** in drei Kompetenzclustern systematisch berücksichtigt. Dabei werden diese aufgeführten Kompetenzen von Beginn an in projektorientierten, erfahrungsbasierten und forschenden Lernsettings vermittelt und sowohl analog als auch digital erprobt. Darüber hinaus werden die Lernsettings sowie die darin handelnden Lehrenden und Studierenden eng miteinander vernetzt, so dass diese Kompetenzen nicht nur einmalig im Studium, sondern miteinander verzahnt in jedem Semester wiederholt und aufeinander aufbauend erarbeitet werden können. Insofern ist die im Folgenden vorgenommene Einordnung der einzelnen Module in die drei Kompetenzbereiche eher künstlich, da alle Kompetenzbereiche in allen Modulen abgedeckt werden; es handelt sich lediglich um die Bestimmung von Schwerpunkten in den einzelnen Modulen, um eine bessere Orientierung zu gewährleisten.

Kompetenzcluster 1: Technologien und Smart Technologies

Maschinenbauabsolvent*innen müssen technologische Fertigkeiten und Fähigkeiten beherrschen, also neue Technologien kennen und anwenden, und benötigen Überblickswissen über aktuell und zukünftig relevante Technologien sowie Bewertungskompetenz zu deren Auswahl und Integration. Sie müssen in der Lage sein, Maschinenkomponenten und Maschinensysteme zu analysieren und intelligenter zu gestalten oder neue smarte Maschinen zu entwickeln. Ebenfalls erarbeiten sie neue Produktentwicklungsverfahren, die zu Innovationen führen können. Sie müssen sowohl in Bezug auf aktuelle (wie z. B. Data Science, Cyber-physical Systems und KI) wie auch **zukünftige technische Entwicklungen** (wie z. B. Quantum Computing) mit Komplexität umgehen und in Systemen und Kreisläufen denken können. Dies erfolgt bspw. durch die Anwendung von (virtuellen) Methoden und Werkzeugen zur Vorausberechnung, Simulation und Produktentwicklung sowie durch die Berücksichtigung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (z. B. intelligente Bussysteme, Cloud Computing) zur Auslegung von ganzheitlich konzipierten mechatronischen Systemen. Im Curriculum wird dies in den projekt- und forschungsorientierten **Modulen Numerische Mathematik/Numerische Lösungsmethoden, Modellbildung und Simulation** sowie **Digitale Fabrik** und in den **Wahlpflichtkatalogen Smart Systems, Digitaler Zwilling sowie KI in Engineering** umgesetzt.

Kompetenzcluster 2: Digitalisierung und Digital Engineering

Absolvent*innen des Masters »Maschinenbau müssen über digitale Kenntnisse und Fertigkeiten sowie die darauf aufbauende Kompetenz verfügen, in hochgradig vernetzten und umfassend digitalisierten Arbeitswelten tätig zu sein. Sie müssen über **Data-Science und Programmierkenntnisse** verfügen und in interdisziplinär besetzten Teams mit Produktdesigner*innen, KI-Forscher*innen und Soziolog*innen die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ethischen Aspekte von (sozialen) Innovationen diskutieren und abwägen können. Dies erfordert eine hohe Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit, die im **Modul Digitalisierung** erprobt und systematisch um die Befähigung erweitert wird, in disziplinenübergreifenden Settings **digital zu interagieren und zu kollaborieren**. In diesem Modul reflektieren die Studierenden in analogen und digitalen Lernräumen die Auswirkungen komplexer technischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge und professionalisieren so ihre digitalen Grundfertigkeiten im Sinne eines **Digital Citizenship**. Die Module zählen somit auch auf die Data Literacy Initiative der TH Köln ein.

Kompetenzcluster 3: Leadership und Steuerung

Absolvent*innen des Studiengangs müssen klassische *soft skills* beherrschen, die in einer komplexen Welt neu interpretiert werden: Kompetenzen wie Kreativität, Reflexionsfähigkeit und Ambiguitätstoleranz werden im Umgang mit volatilen und mehrdeutigen Situationen wichtiger denn je. Kompetenzen wie **Innovationsmanagement und Unternehmertum** werden als Antwort auf die stärkere Verbreitung von disruptiven Technologien benötigt und im **Modul Innovationsmanagement** eingeübt. Im **Modul Leadership und Projektleitung** lernen Studierende anwendungsorientiert Führungsaufgaben zu übernehmen und unternehmerischen Herausforderungen zu begegnen. Als Projektleiter*innen coachen und führen sie BA-Studierende, die im Modul Virtuelles Ingenieurbüro in Netzwerken und in enger Kooperation mit Industriepartner*innen die digitale Transformation in einem Produktionsunternehmen erleben.

Absolvent*innen sollen darüber hinaus intelligente Maschinen nicht nur entwerfen, entwickeln und evaluieren, sondern auch die Folgen ihres Tuns **lösungsorientiert reflektieren**. Dies wird im **Modul Ethik** eingeübt, in dem die Studierenden in einem erfahrungsbasierten Setting lernen, Problemstellungen zu hinterfragen und die erarbeiteten Lösungen bzgl. Technikfolgenabschätzung, -ethik und -soziologie zu bewerten und ggf. neu zu verhandeln. Der starken Forschungsorientierung des Studiengangs wird im **Modul Forschungsseminar** Rechnung getragen, in dem Lehrende gemeinsam mit Studierenden an aktuellen technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen forschen und die Arbeitswelt der Zukunft gestalten.

3. Handlungsfelder



Abbildung 1: Die drei Handlungsfelder der Absolvent*innen des Masterstudiengangs Maschinenbau

Handlungsfeld A: Forschen und Erkennen: Erzeugung, Prüfung und Sicherung neuen technischen und technologischen Wissens.

Die Studierenden vertiefen ihr im Bachelor erworbenes Wissen und erwerben neue Kenntnisse und Kompetenzen, die sie dazu befähigt, den technologischen Fortschritt voranzutreiben. Sie lernen, sich selbstständig in neue Themen und Problemstellungen einzuarbeiten und neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu generieren. Hand in Hand mit der Konstruktion erforschen sie neue intelligente (mechatronische) Lösungen für Produkte, Maschinen und Anlagen oder optimieren bestehende Systeme. Dies geht über das Zurückgreifen auf empirische Versuche hinaus, mit denen Wissen über technologische Gesetze und technische Regeln erzeugt werden; vielmehr steht die Nützlichkeit und Akzeptanz des Gestalteten sowie die gesellschaftlich verantwortliche Umsetzung im Vordergrund.

Handlungsfeld B: Entwickeln und Gestalten: Entwicklung und Gestaltung von Funktionsmustern und Prototypen sowie Erarbeitung neuer Entwicklungsmethoden

Die Studierenden entwickeln **intelligente Maschinen**, von der Planung über die Konzeption bis hin zum Entwurf und zur Gesamtdokumentation. Sie überprüfen die Funktionen in der virtuellen Welt und setzen die Entwicklungsergebnisse in Funktionsmustern und Prototypen. Ferner erarbeiten Studierende neue Entwicklungsmethoden, um dem Fakt Rechnung zu tragen, dass nicht nur die Produkte selbst einem stetigen Wandel unterworfen sind, sondern auch die entsprechenden Entwicklungsstrategien und -verfahren.

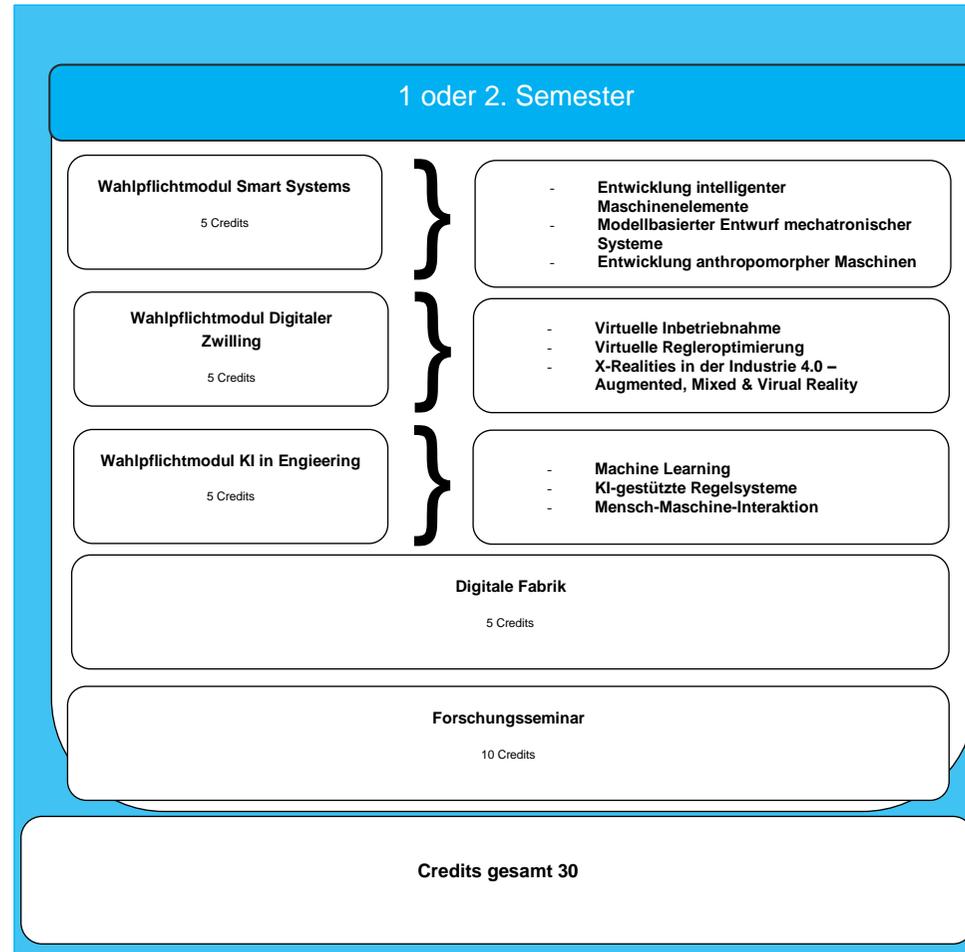
Unter intelligenten Maschinen verstehen wir technische Systeme, Anlagen oder Maschinen, die auf dem Zusammenwirken von Mechanik, Elektronik, Automatisierungstechnik und

Informatik/Software basieren, sich selbstständig an unbekannte Situationen anpassen und somit intelligent auf geänderte Randbedingungen auf Basis eines Lernvorgangs reagieren können. Letztere Eigenschaft wird auch als Adaptivität bezeichnet. Dieser Aspekt ist Teil des maschinellen Lernens (Machine Learning), welches ein Teilgebiet der künstlichen Intelligenz (KI) darstellt.

Handlungsfeld C: Vermittlung und Transfer: Vermittlung relevanten technischen Wissens und Technologietransfer mit der gezielten Überführung innovativen technischen Wissens in die Industrie

Die Studierenden forschen in realen Projekten mit Industrieunternehmen, insbesondere KMU, und entwickeln dabei neue Technologien und Produkte. Durch Kooperationen (speziell Industry-on-Campus-Vorhaben), Austausch von Studierenden und Mitarbeiter*innen sowie gemeinsam entwickelter Patente wird Wissen zwischen der TH Köln und den Industriepartnern transferiert und immer weiter verfeinert. Digitale und reale Geräteprototypen werden entwickelt, von der Idee bis zum fertigen Muster, in praxisnahen Use Cases. Neue inter- und transdisziplinäre Kollaborationsformen und Arbeitsweisen werden in Projekten getestet und gelebt. Studierende und Absolvent*innen sowie Young Professionals werden vernetzt und ein sanfter Übergang von der Hochschule zur Wirtschaft wird ermöglicht.

4. Studienverlaufsplan



5. Wahlpflichtmodule

5.1 Smart Systems

Modulnummer	Modulname	Sem.	DozentIn
9M110	Entwicklung intelligenter Maschinenelemente	SoSe + WiSe	Prof. Dr.-Ing. Ulf Müller
9M111	Modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme	SoSe	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali
9M112	Entwicklung antropomorpher Maschinen	SoSe	Prof. Dr. phil. Anja Richert

5.2 Digitaler Zwilling

Modulnummer	Modulname	Sem.	DozentIn
9M113	Digitales Produktionsmanagement	SoSe	Prof. Dr.-Ing. Thomas Gartzen
9M114	Virtuelle Prozessoptimierung (vormals Virtuelle Regleroptimierung)	SoSe	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali
9M115	X-Realities in der Industrie 4.0 – Augmented, Mixed & Virtual Reality	Ab WiSe 2021/22	Prof. Dr. phil. Anja Richert

9M119	Error! Not a valid result for table.	SoSe + WiSe	Prof. Dr.-Ing. Henning Hallmann
	Kunststoffe...	SoSe	Prof. Dr.-Ing. Bonnet, Prof. Dr.-Ing. Benke

5.3 KI in Engineering

Modulnummer	Modulname	Sem.	DozentIn
9M116	Machine Learning	SoSe	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali
9M117	Machine Learning for Process Control (vormals KI-gestützte Regelsysteme)	Ab WiSe 2021/22	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali
9M118	Mensch-Maschine-Interaktion	WiSe 2021	Prof. Dr. phil. Anja Richert

6. Studienverlaufsplan als Liste

Semester	M-Nummer	Modulbezeichnung	Credits
1. oder 2.	WiSe		
	9M101	Numerische Mathematik/Numerische Lösungsmethoden	5
	9M103	Ethik	5
	9M105	Innovationsmanagement	5
	9M106	Leadership und Projektleitung	5
	9M107	Digitale Fabrik	5
	9M102	Digitalisierung	5
	9M104	Modellbildung und Simulation	5
	9M108	Forschungsseminar	
		Wahlpflichtmodul Digitaler Zwilling (1 aus 4)	
	9M115	X-Realities in der Industrie 4.0 – Augmented, Mixed & Virtual Reality	5
	9M119	Error! Not a valid result for table.	
		Wahlpflichtmodul KI in Engineering (1 aus 3)	
	9M118	Mensch-Maschine-Interaktion	5
	9M117	Machine Learning for Process Control (vormals KI-gestützte Regelsysteme)	
		Wahlpflichtmodul Smart Systems (1 aus 3)	
	9M110	Entwicklung intelligenter Maschinenelemente	5
1. oder 2.	SoSe		
	M9101	Numerische Mathematik/Numerische Lösungsmethoden	5
	9M108	Forschungsseminar	10
	9M104	Modellbildung und Simulation	5
	9M107	Digitale Fabrik	5
	9M103	Ethik	5
	9M105	Innovationsmanagement	5
	9M106	Leadership und Projektleitung	5
		Wahlpflichtmodul Smart Systems (1 aus 3)	
	9M110	Entwicklung intelligenter Maschinenelemente	5
	9M111	Modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme	5
	9M112	Entwicklung antropomorpher Maschinen	5
		Wahlpflichtmodul Digitaler Zwilling (1 aus 4)	
	9M114	Virtuelle Prozessoptimierung (vormals Virtuelle Regleroptimierung)	5

	9M113	Digitales Produktionsmanagement	5
	9M119	Error! Not a valid result for table.	
		<i>Wahlpflichtmodul KI in Engineering (1 aus 3)</i>	
	9M116	Machine Learning	5
3.			
	9M109	Masterthesis und Kolloquium	30

7. Alternativer Studienverlaufsplan

Die Einschreibung in den Maschinenbau-Studiengang kann in jedem Semester erfolgen. Da die einzelnen Module nicht zwingend aufeinander aufbauen, können die Studierenden die Zusammensetzung frei wählen.

8. Modulmatrix

Modulmatrix Studiengang: Master Maschinenbau													Stand: 2020 03 31		Version 1.2	
Module / Lehrveranstaltungen				Handlungsfelder			Kompetenzcluster*			Zuordnung Studiengangskriterien				Prüfungen	Teilleistungen	
FS	Modul	ects	Wahlmodule	Forschen & Erkennen	Entwickeln & Gestalten	Vermitteln & Transfer	I	II	III	Internationalisierung	Interdisziplinarität	Digitalisierung	Transfer	Anzahl	Anzahl	
														12	23	
1	Numerische Mathematik	5		3	2		x					x		1	1	
	Digitalisierung	5		3	2			x				x		1	2	
	Ethik	5		2	1	2			x				x	1	2	
	Modelbildung und Simulation	5		2	2	1	x				x	x		1	2	
	Innovationsmanagement	5		2	2	1	x	x	x	x	x	x	x	1	2	
	Führung/Projektleitung	5		1	2	2			x	x	x		x	1	2	
					2	2	1	x	x				x			2
2	Wahlkatalog Smart Systems	5	Entwicklung intelligenter Maschinenkomponenten	2	2	1	x	x				x			2	
			Modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme	3	2		x					x			1	2
			Entwicklung anthropomorpher Maschinen	3	2		x					x	x	x		2
	Wahlkatalog Digitaler Zwilling	5	Virtuelle Inbetriebnahme	2	3		x	x					x			2
			Virtuelle Regleroptimierung		3	2	x	x					x	x	1	2
			X-Realities in der Industrie 4.0 - Augmented, mixed und virtual Reality	2	2	1			x	x	x		x	x	x	
	Wahlkatalog KI in Engineering	5	Machine Learning	2	2	1	x						x			2
			KI-gestützte Regelsysteme	2	2	1	x					x	x		1	2
Mensch-Maschine-Interaktion			2	3		x					x	x	x		2	
Digitale Fabrik	5		2	3		x	x				x		1	2		
Forschungsseminar	10			10		x	x	x	x	x	x	x	1	2		
3	Masterthesis	30			30		x	x	x	x	x	x	1	2		

*Kompetenzcluster I = Technologien/Smart Technology; Kompetenzcluster II= Digitalisierung/ Digital Engineering; Kompetenzcluster III= Leadership/Steuerung

9. Module

7.1 Numerische Mathematik/Numerische Lösungsmethoden

Modulnummer:	9M101
Art des Moduls:	Pflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. rer. nat. Angela Schmitz
Dozierende:	Prof. Dr. rer. nat. Angela Schmitz
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden lösen mathematische und anwendungsorientierte Problemstellungen unter Verwendung von mathematischen Verfahren und numerischen Methoden, die jeweils für die im Abschnitt Modulinhalt genannten Themenbereiche charakteristisch sind, indem sie geeignete Vorgehensweisen auswählen, diese anwenden und in einer höheren Programmiersprache umsetzen, Zusammenhänge nachvollziehbar begründen, Ergebnisse bewerten und sowohl eigene als auch gegebene numerische Umsetzungen in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Grenzen beurteilen und weiterentwickeln, um ihr Argumentieren, Abstrahieren und Hinterfragen von Verfahren zu schärfen sowie in weiterführenden Modulen ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen mit mathematischen Werkzeugen und numerischen Methoden zu analysieren und zu modellieren.</p>
Modulinhalte:	<p>1) Einführung in eine höhere Programmiersprache (z.B. MATLAB oder PYTHON): U.a. selbstständige Erstellung eines strukturierten und kommentierten Quellcodes, Interpretation und Modifikation von gegebenem Code, Nutzung vorprogrammierter Funktionen und Visualisierungswerkzeuge, Umgang mit Fehlermeldungen, Interpretation und Schreiben von Pseudocode.</p> <p>2) Bearbeitung mathematischer Probleme mit einer Programmiersprache: U.a. Rechnerarithmetik, Kondition von Problemen, Stabilität von Algorithmen, Analyse numerischer Instabilitäten, Bewertung erhaltener Resultate.</p> <p>3) Lösung mathematischer Probleme manuell und mit numerischen Verfahren, in der Regel ausgehend von einem Anwendungskontext, z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nullstellenbestimmung: Ein- und mehrdimensional (z.B. Newtonverfahren, Bisektionsverfahren). • Regression: Linear und nichtlinear (z.B. mit Exponential- und Potenzfunktionen), Gütemaße. • Interpolation: Polynominterpolation (z.B. nach Newton, nach Lagrange), Splineinterpolation (z.B. lineare und kubische Splines), Fehlerabschätzungen, Wahl der Stützstellen. • Integration: Ein- und mehrdimensional, Quadraturformeln (z.B. Simpson- und Trapezregel), Wahl der Stützstellen, Monte-Carlo-Integration, Fehlerabschätzungen. • Optimierung: Lokale und globale Extrema unter Gleichungs- und Ungleichungsnebenbedingungen, linear und nichtlinear, ein- und mehrdimensional (z.B. Gradientenabstiegsverfahren, Innere-Punkte-Verfahren, Simplex-Algorithmus, Lagrange-Multiplikatoren), Optimierung an Graphen (z.B. kürzeste Wege). • Differentialgleichungen: Gewöhnliche Differentialgleichungen und -systeme (u.a. Ein- und Mehrschrittverfahren), partielle Differentialgleichungen und -systeme (u.a. finite Differenzen). • Fourier-Reihen und Integraltransformationen: U.a. periodische Funktionen, Fourier-Reihen, Aussagen zur Konvergenz, Fourier- und Laplace-Transformation.

Lehr- und Lernmethoden:	In Vorlesung und Übung werden interaktive Lehr-Lern-Methoden eingesetzt. In der Vorlesung werden mathematische Phänomene entdeckt, beschrieben, generalisiert, begründet, angewendet und numerisch umgesetzt. Zur Nachbereitung der wöchentlichen Vorlesung und zur Vorbereitung auf die wöchentliche Übung bearbeiten die Studierenden im Anschluss an die Vorlesung eigenständig Theorie- und Programmieraufgaben, um die Themen der Vorlesung zu festigen und zu vertiefen. Auf Basis der Bearbeitung werden in der Übung in Arbeits- und Plenumsphasen Fragen zu Vorlesung und Aufgaben besprochen sowie die mathematischen und numerischen Konzepte vertieft. Materialien zur Vor- und Nachbereitung von Vorlesung und Übung werden im Lern-Management-System der TH Köln bereitgestellt.						
Prüfungsformen:	Klausur (120 Min.)						
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Vorlesung</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Übung</td> <td style="text-align: right;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td style="text-align: right;">90 Std.</td> </tr> </table>	Vorlesung	30 Std.	Übung	30 Std.	Vor- und Nachbereitung	90 Std.
Vorlesung	30 Std.						
Übung	30 Std.						
Vor- und Nachbereitung	90 Std.						
Präsenzzeit:	60 Std.						
Selbststudium:	90 Std.						
Empfohlene Voraussetzungen:	Aus Ingenieurmathematik 1 und 2: Mathematische Techniken und Strategien zur Bearbeitung <ul style="list-style-type: none"> • von Problemstellungen aus den Themenbereichen • Differential- und Integralrechnung mit Funktionen einer und mehrerer Veränderlichen • Vektorrechnung und Matrizen • gewöhnliche Differentialgleichungen 1. und 2. Ordnung • komplexe Zahlen • Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik 						
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Adam, Stefan (2017): MATLAB und Mathematik kompetent einsetzen, John Wiley & Sons • Ascher, Uri M., Greif, Chen (2011): A First Course in NUMERICAL METHODS • Dahmen, Wolfgang, Reusken, Arnold (2016): Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer • Knorrenschild, Michael (2017): Numerische Mathematik, Hanser • Moler, Cleve B. (2010): Numerical Computing with MATLAB, Society for Industrial and Applied Mathematics • Schweizer, Wolfgang (2016): MATLAB kompakt, De Gruyter • Weitere Literatur in der Veranstaltung. 						
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Green Building Engineering (Ma.), Verfahrenstechnik – Prozessintensivierung (Ma.)						

7.2 Digitalisierung

Modulnummer:	9M102	
Art des Moduls:	Pflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1	
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Ulf Müller	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Markus Stockmann (WiSe) Dr. pol. Chong Dae Kim (SoSe)	
Learning Outcome:	Die Studierenden verstehen die universellen Prinzipien, Kriterien und können Ziele von Digitalisierungskonzepten für die verschiedensten Anwendungs- und Lebensbereiche auswählen. Sie können diese Konzepte hinsichtlich ihrer Stärken und Chancen sowie Schwächen und Gefahren beurteilen, auch im Hinblick auf ihre gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Auswirkungen, indem sie mit den Digitalisierungskonzepten in einem ausgewählten Anwendungsbereich vertraut sind und diese Konzepte beurteilen, anwenden und weiterentwickeln. Sie wählen Strategien und Werkzeuge zur Umsetzung und Implementierung solcher Digitalisierungskonzepte in diesem ausgewählten Anwendungsbereich aus, um später die Digitalisierungskonzepte in diesem ausgewählten Anwendungsbereich technisch umsetzen und implementieren zu können.	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Digitalisierung 4.0: Universelle Prinzipien, Kriterien und Ziele von Digitalisierungskonzepten • spezielle Digitalisierungs- und Vernetzungskonzepte, z.B. Digital Factory, Fahrzeuge: Interne und Externe Vernetzung • Strategien und Werkzeuge zur Umsetzung und Implementierung solcher Digitalisierungskonzepte • Hardware, Software u. Programmierung zur Umsetzung und Implementierung solcher Digitalisierungskonzepte 	
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase	
Prüfungsformen:	Kurz-Klausur 20 Minuten (20%), Projekt & Lehrportfolio (80%)	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. \cong 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Reimund Neugebauer, Digitalisierung, Springer Vieweg 2017 • Inge Hanschke, Digitalisierung und Industrie 4.0 - einfach und effektiv: Systematisch und lean die Digitale Transformation meistern, Carl Hanser Verlag, 2018 • Rainer Maria Wagner, Industrie 4.0 für die Praxis: Mit realen Fallbeispielen aus mittelständischen Unternehmen und vielen umsetzbaren Tipps, Springer Gabler 2018 • Ronald Deckert, Digitalisierung und Industrie 4.0: Technologischer Wandel und individuelle Weiterentwicklung, Springer Gabler 2018 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	

7.3 Ethik

Modulnummer:	9M103	
Art des Moduls:	Pflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M2	
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. phil. Anja Richert	
Dozierende:	Dr. Al Ghouz	
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden sind fähig einen eigenen Standpunkt in Bezug auf ihr ingenieurmäßiges Handeln - im Spannungsfeld von ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Zielen - begründet zu entwickeln und diesen im Diskurs zu vertreten. Sie beziehen sich dabei auf philosophische Ethik als eine rationale Grundlage für die Herausbildung handlungsleitender Normen und nutzen verschiedene Ethiken zur Argumentation.</p> <p>Das Modul dient dazu, dass die Studierenden sich der persönlichen Verantwortung und der Dilemmata bewusst werden, die ingenieurmäßiges Handeln im gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Kontext auslösen kann. Sie sollen die Stärken und Schwächen verschiedener Ethiken kennen und nutzen können. .</p>	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • philosophisch-historischer Abriss zur Ethik • spezielle Ethiken, ggf. in Auswahl (z.B. Tugendethik, Utilitarismus, Pflichtenethik, Diskursethik) • Technikfolgenabschätzung • Erarbeitung einer Entscheidungsbasis („Ethikkodex“) • Training durch Fallbeispiele 	
Lehr- und Lernmethoden:	Seminaristische Veranstaltung mit Vorlesungs- und Diskursanteilen	
Prüfungsformen:	Vortrag mit Diskussion und Hausarbeit (die Gewichtung wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben)	
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	Seminar	45 Std.
	Vor- und Nachbereitung	105 Std.
Präsenzzeit:	45 Std. (Algorithmus: 4 SWS, 15 Wo, 0.75 Std./SWS)	
Selbststudium:	105 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Remmers, Peter (2018): Mensch-Roboter-Interaktion - Philosophische und ethische Perspektiven (Philosophische Hefte, Band 3), Logos Verlag. • Fenner, Dagmar (2010): Einführung in die angewandte Ethik. UTB Verlag. • Grunwald, Armin; Hillerbrandt, Raffaella (2020): Handbuch Technikethik. 2. Auflage; JB Metzler. • Bendel, Oliver (2019): Handbuch Maschinenethik. Springer VS. 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	

7.4 Modellbildung und Simulation

Modulnummer:	9M104	
Art des Moduls:	Pflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1	
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Claudia Ziller	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Claudia Ziller	
Learning Outcome:	Die Studierenden können für eine Aufgabenstellung formale (mathematische oder informatische) Modellkonzepte entwickeln sowie bewerten, indem sie Strategien zur Simulation, also zur rechnergestützten Lösung dieser Modelle, auswählen und einsetzen. Sie kennen wichtige Modellklassen und wählen die für die Szenarien geeigneten Lösungsverfahren aus, um später mit Hilfe der Simulation und den Modellen auf die Wirklichkeit zu schließen.	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die mathematische Modellierung (Begriffsbildung, Anwendungsbeispiele, Herleitung von Modellen, Analyse von Modellen, Klassifizierung von Modellen, Betrachtungsebenen und Hierarchie) • diskrete Modellierung und Simulation (Entscheidungsmodelle: Spiele, Strategien, Wahlen; Reihenfolgeprobleme: Scheduling; Diskrete Ereignissimulation: Verkehr in Rechensystemen; Neuronale Netze) • kontinuierliche Modellbildung und Simulation (Populationsdynamik: Modelle und ihre numerische Behandlung; Regelungstechnik: Deterministische und Fuzzy Logic Ansätze; Verkehrsfluss: Modellierung über kontinuierliche Größen; Wärmeleitung: Modell und numerische Lösung) • Modellierung im Softwareentwurf (optional; grundlegende Konzepte, Beschreibungstechniken, Methodik) 	
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesung	
Prüfungsformen:	Kurz-Klausur 20 Minuten; (20%), Projekt & Lehrportfolio (80%)	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. \cong 1 ECTS credit):	Vorlesung	30 Std.
	Vor- und Nachbereitung	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Bungartz, Zimmer, Buchholz, Pflüger: Modellbildung und Simulation - eine anwendungsorientierte Einführung, Springer, 2009 • Fowkes, Mahoney: Einführung in die mathematische Modellierung, Spektrum, 1996 • Gander, Hrebicek: Solving Problems in Scientific Computing Using Maple and MATLAB, Springer, 1997 • Bossel: Modellbildung und Simulation, Vieweg, 1994 • Banks et al.: Discrete Event System Simulation, Prentice Hall, 1996 • Golub, Ortega: Scientific Computing: An Introduction with Parallel Computing, Academic Press, 1993 • Nauck, Klawonn, Kruse: Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme, Vieweg, 1994 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	

7.5 Innovationsmanagement

Modulnummer:	9M105				
Art des Moduls:	Pflichtmodul				
ECTS credits:	5				
Sprache:	Deutsch				
Dauer des Moduls:	Einsemestrig				
Empfohlenes Studiensemester:	M1				
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester				
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. phil. Anja Richert				
Dozierende:	Prof. Dr. phil. Anja Richert				
Learning Outcome:	Die Studierenden haben am Ende des Moduls Handlungswissen zum Innovationsmanagement aufgebaut, in dem sie die unterschiedlichen Arten von Innovationen kennen, Innovationssysteme analysieren und mit gemeinschaftsgestützten sowie nutzerorientierten Ansätzen gestalten können. Die Studierenden haben zudem Kenntnisse über Finanzierung und Controlling von Innovationen und erproben ihr Wissen und ihre Fähigkeiten in einem eigenen Projekt, um später Innovationen ganzheitlich managen und als soziale Innovationen umsetzen zu können.				
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Innovationen – Bandbreite und Ausprägungen • Analyse und Gestaltung von Innovationssystemen • gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung • nutzerzentrierte Methoden der Innovationsentwicklung • Finanzierung und Controlling von Innovationen • Führung von Innovationsteams 				
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase. Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung				
Prüfungsformen:	Schriftlicher Bericht (50%), Präsentation (50%)				
Workload	150 Std./5 Credits				
(30 Std. $\hat{=}$ 1 ECTS credit):	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Vorlesung/Seminar</td> <td style="width: 50%;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td>120 Std.</td> </tr> </table>	Vorlesung/Seminar	30 Std.	Projektarbeit	120 Std.
Vorlesung/Seminar	30 Std.				
Projektarbeit	120 Std.				
Präsenzzeit:	30 Std.				
Selbststudium:	120 Std.				
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine				
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Keuper, Frank et al. (2013): Digitalisierung und Innovation. Planung – Entstehung – Entwicklungsperspektiven. Springer Gabler. • Disselkamp, Marcus (2012): Innovationsmanagement. Instrumente und Methoden zur Umsetzung im Unternehmen. Springer Gabler, 2.Auflage. • Leimeister, Jan Marco et al. (2011): Gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung für Softwareunternehmen. EUL Verlag 2011. • Abele, Thomas (2019): Fallstudien zum Technologie- und Innovationsmanagement. Praxisfälle zur Wissensvertiefung. Springer Gabler. • Granig, Peter et al. (2018): Mit Innovationsmanagement zur Industrie 4.0. Grundlagen, Strategien, Erfolgsfaktoren und Praxisbeispiele. Springer Gabler. 				
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine				

7.6 Leadership und Projektleitung

Modulnummer:	9M106						
Art des Moduls:	Pflichtmodul						
ECTS credits:	5						
Sprache:	Deutsch						
Dauer des Moduls:	Einsemestrig						
Empfohlenes Studiensemester:	M1						
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester						
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. phil. Anja Richert						
Dozierende:	Prof. Dr. phil. Anja Richert						
Learning Outcome:	<p>Studierende können ingenieurwissenschaftliche, maschinenbauliche und ingenieurmäßige Entwicklungsprojekte im Hinblick auf einen Gesamtprojekterfolg planen und teambezogen leiten, indem sie</p> <ul style="list-style-type: none"> • den Unterschied zwischen Leadership und Projektmanagement kennen • systematisch und kontextspezifisch klassische und agile Projektmanagementmethoden einsetzen • ihre Rolle und ihre Kommunikations- und Organisationsformen reflektieren und bewusst ausgestalten • in der Lage sind Projekte systemisch zu analysieren, zu controlen und systematisch zu evaluieren. <p>Das Modul bereitet die Studierenden auf spätere Leitungsfunktionen und -situationen vor und soll sie dabei unterstützen, ihr Leiten im Sinne von Leadership zu gestalten.</p>						
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Leadership und Projektmanagement • klassisches Projektmanagement • agiles Projektmanagement • Kommunikation und Organisation in Projekten • Projektanalyse, -controlling und -evaluation • Bachelorprojektgruppe über 0,5 Semester führen 						
Lehr- und Lernmethoden:	Microtrainings und projektbegleitendes Coaching						
Prüfungsformen:	Mündliche Prüfung (50%); Projektbericht (50%)						
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	<table> <tr> <td>150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Coaching</td> <td>45 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>105 Std.</td> </tr> </table>	150 Std./5 Credits		Coaching	45 Std.	Vor- und Nachbereitung	105 Std.
150 Std./5 Credits							
Coaching	45 Std.						
Vor- und Nachbereitung	105 Std.						
Präsenzzeit:	45 Std. (Algorithmus: 4 SWS, 15 Wo, 0.75 Std./SWS)						
Selbststudium:	105 Std.						
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine						
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Jakoby, Walther (2018): Projektmanagement für Ingenieure. Ein praxisnahes Lehrbuch für den systematischen Projekterfolg. Springer VS. • Timinger, Holger (2017): Modernes Projektmanagement. Mit traditionellem, agilen und hybriden Vorgehen zum Erfolg. Wiley. • Sewell, Konrad (2019): Führungskraft: Wie Sie als Chef ein erfolgreiches Leadership und Team Management System aufbauen und ihre Führungstechniken in Unternehmensführung, Mitarbeiterführung und Personalführung verbessern. 						
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine						

7.10 Digitale Fabrik

Modulnummer:	9M107	
Art des Moduls:	Pflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M2	
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Ulf Müller	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Gartzen	
Learning Outcome:	Die Studierenden können die Methoden, Modelle und Werkzeuge der Digitalen Fabrik für die in der VDI 4499 definierten Anwendungsfelder auswählen und einsetzen, indem sie in der Lage sind, die digitalen Modellen und Methoden unter anderem der Simulation und 3D-Visualisierung zum Zweck einer ganzheitlichen Planung, Realisierung, Steuerung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Fabrikprozesse und -ressourcen in Verbindung mit dem Produkt zu nutzen, um später den Produktionsprozess in Hinblick auf die Steigerung der Flexibilität, Schnelligkeit, Effizienz sowie der Nachhaltigkeit optimieren zu können.	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Übernahme der Produktplanungsdaten • Prozesszeitenplanung • Planung der Produktionsprozesse • Planung der Betriebsmittel (Konstruktionsvorschlag, Festlegung Anzahl) • Einsatzfaktorplanung • Layoutplanung des Werks und der Arbeitsplätze • Kostenbewertung • Absicherung der Planungsergebnisse • Übergabe der Planungsdaten an den Betrieb. 	
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase	
Prüfungsformen:	Kurz-Klausur 20 Minuten; (20%), Projekt & Lehrportfolio (80%)	
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Uwe Bracht, Dieter Geckler, et al. Digitale Fabrik, Methoden und Praxisbeispiele, Springer Verlag 2018 • Johann Hofmann, Die digitaler Fabrik: Auf dem Weg zur digitalen Produktion Industrie 4.0, DIN e.V. 2016 • VDI Richtlinie Digitale Fabrik Grundlagen Blatt 1-5 • Wolfgang P. Riegelmayr, Industrie 4.0 – Vernetzung für die digitale Fabrik, VDE Verlag 2019 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	

7.11 Forschungsseminar

Modulnummer:	9M108				
Modulbezeichnung	Forschungsseminar				
Art des Moduls:	Pflichtmodul				
ECTS credits:	10				
Sprache:	Deutsch oder Englisch				
Dauer des Moduls:	Einsemestrig				
Empfohlenes Studiensemester:	M2				
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester				
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. phil. Anja Richert				
Dozierende:	Alle Lehrenden des Studiengangs				
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden können eigenständig organisierte Forschungsprojekte initiieren und methodisch sowie organisatorisch auszugestalten, indem sie</p> <ul style="list-style-type: none"> • ihr individuelles Forschungsthema in den Zusammenhang mit einer übergeordneten wissenschaftlichen Ingenieurfragestellung stellen und zu erwartende Vorteile und Risiken im Rahmen der übergeordneten Problemstellung beschreiben und begründen • ihr individuelles Forschungsthema inhaltlich analysieren, abgrenzen, strukturieren und ordnen • die Bearbeitungsrisiken zum individuellen Forschungsthema identifizieren und z.B. anhand von Machbarkeitsstudien abschätzen, ob eine erfolgreiche Bearbeitung wahrscheinlich ist • ausgehend vom individuellen Forschungsthema die eigene wissenschaftliche Vorgehensweise systematisch planen, mit dem Ziel eine nachvollziehbare Argumentationskette für ein wissenschaftliches Paper aufzubauen • Maßnahmen, z.B. Experimente, zur wissenschaftlichen Beantwortung der Forschungsproblemstellung planen und zielgerichtet durchführen • ggf. weiterführende Problemstellungen formulieren • respektvoll konstruktiv im Forscherteam arbeiten • mit materiellen Ressourcen schonend umgehen <p>Das Modul dient dazu, dass die Studierenden eigene Forschungs- und Entwicklungsthemen auch später wissenschaftlich bearbeiten können</p>				
Modulinhalte:	<p>Seminaristischer Unterricht zu empirischen und ingenieurwissenschaftlichen Forschungsmethoden und -praktiken, Entwicklung und Bearbeitung eines wissenschaftlichen Forschungsprojektes in anhand von realen Aufgabenstellungen, die von den beteiligten Lehrenden fakultätsübergreifend gemeinsam formuliert werden. Die Studierenden arbeiten selbstständig nach dem Ansatz des „Problem Based Learning“ und werden dabei nach Absprache durch die jeweiligen Aufgabenstellenden (Coaches) unterstützt. Regelmäßig sowie am Ende des Semesters präsentieren die Studierenden ihre Arbeitsergebnisse in Form von Kurzvorträgen oder selbst gestalteten wissenschaftlichen Postern. Am Ende des Semesters arbeiten die Studierenden den Forschungsprozess oder ihre Forschungsergebnisse in einem wissenschaftlichen Paper auf.</p>				
Lehr- und Lernmethoden:	Seminar mit Projektphase				
Prüfungsformen:	Wissenschaftliches Paper (50%), Präsentation und ausführliche Verteidigung des Ergebnisses (50%)				
Workload	300 Std./10 Credits				
(30 Std. \cong 1 ECTS credit):	<table> <tr> <td>Seminar</td> <td>90 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td>210 Std.</td> </tr> </table>	Seminar	90 Std.	Projektarbeit	210 Std.
Seminar	90 Std.				
Projektarbeit	210 Std.				
Präsenzzeit:	90 Std. (Algorithmus: 8 SWS, 15 Wo, 0.75 Std./SWS)				
Selbststudium:	210 Std.				

Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
-----------------------------	-------

Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• Eid, Michael et al. (2017): Statistik und Forschungsmethoden. Ein Lehrbuch. Beltz Verlag.• Hirsch-Weber, Andreas; Scherer, Stefan (2016): Wissenschaftliches Schreiben und Abschlussarbeit in Natur- und Ingenieurwissenschaften: Grundlagen - Praxisbeispiele - Übungen. Utb Verlag.• Cropley, Arthur (2019): Qualitative Forschungsmethoden. Eine praxisnahe Einführung. Edition Klotz. 2.Auflage.
-----------------------	--

Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine
--	-------

7.12 Masterthesis und Kolloquium

Modulnummer:	9M109
Art des Moduls:	Pflichtmodul
ECTS credits:	27+ 3
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M3
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Ulf Müller
Dozierende:	Alle Lehrenden des Studiengangs
Learning Outcome:	Die Studierenden können innerhalb einer fest vorgegebenen Frist ein begrenztes, aber komplexes wissenschaftliches Problem selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden und Regeln durchdringen, geeignete Lösungsverfahren und -methoden auswählen, sowie diese sachgerecht anwenden, indem sie, die erarbeiteten Lösungen interpretieren und bewerten, sich fehlendes Detailwissen z.B. unter Nutzung wissenschaftlicher Literatur, selbstständig erarbeiten, sowie die erzielten Ergebnisse adäquat in schriftlicher Form dokumentieren und wissenschaftlich korrekt präsentieren und erläutern, um später auf die Probleme der in sich immer schneller verändernden technischen Anforderungen mit selbstständiger Wissenserweiterung technikbasierte Lösungsstrategien entwickeln zu können und diese hinsichtlich der Auswirkungen unter Berücksichtigung der sozialen, ökologischen und kulturellen Anforderungen zu gestalten, zu evaluieren und zu kommunizieren.
Modulinhalte:	Die Masterarbeit ist in der Regel eine eigenständige, kreative, wissenschaftliche Leistung mit einer komplexen Aufgabenstellung mit einer ausführlichen Beschreibung und Erläuterung ihrer Lösung.
Lehr- und Lernmethoden:	Projekt
Prüfungsformen:	Masterarthesis (90%); Präsentation und mündliche Prüfung (10%)
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	900 Std./30 Credits Projektarbeit 900 Std.
Präsenzzeit:	Keine
Selbststudium:	900
Empfohlene Voraussetzungen:	alle Module aus M1 und M2
Empfohlene Literatur:	Tthemenabhängige wissenschaftliche nationale und internationale Fachliteratur
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine

7.7 Wahlpflichtmodule Smart Systems

7.7.1 Entwicklung intelligenter Maschinenelemente

Modulnummer:	9M110	
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M2	
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Grünwald	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Grünwald	
Learning Outcome:	Die Studierenden können ein intelligentes Maschinenbauteil entwickeln, programmieren, validieren und auswerten, indem sie im Rahmen des Entwicklungsprozesses eine mechatronische Baugruppe erarbeiten, geeignete KI-Methoden zur Lösung der Problemstellung auswählen, eine geeignete Prozessor-Plattform auswählen, diese programmieren und das System mit einer Cloud verbinden, um später intelligente Maschinen und Maschinensysteme zu entwickeln.	
Modulinhalte:	Entwicklung, Realisierung, Programmierung, Validierung, Inbetriebnahme und Auswertung von charakteristischen Kennwerten eines Maschinenelementes.	
Lehr- und Lernmethoden:	Projekt	
Prüfungsformen:	Präsentation (25%), Dokumentation (75%)	
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	Seminar	10 Std.
	Projektarbeit	140 Std.
Präsenzzeit:	10 Std.	
Selbststudium:	140 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Stuart Russell, Peter Norvig, Künstliche Intelligenz; Pearson Studium 2012 • Uwe Schob, Mechatronische Modellbildung von Produktionsanlagen: Konzepte und Methoden zur virtuellen Inbetriebnahme durch Softwarekopplung von Entwicklungswerkzeugen AV Akademikerverlag 2012 • Rainer Stark, Virtuelle Inbetriebnahme für Industrie 4.0 zukunftssicher beherrschen.: Modulare Gestaltung und immersive, digitale Absicherung von mechatronischen Produktionsanlagen, Fraunhofer Verlag 2018 • Berthold Schlecht: Maschinenelemente I und II, Pearson Verlag, München • Ulrich Kurz et al.: Konstruieren, Gestalten, Entwerfen, Vieweg-Teubner, Wiesbaden 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	

7.7.2 Modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme

Modulnummer:	9M111	
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch oder Englisch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M2	
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali	
Learning Outcome:	Die Studierenden können mechatronische Systeme, insbesondere modellbasierte Regelungen entwerfen sowie in einer modernen CAE/Software-Plattform simulieren und realisieren, indem sie Systemmodelle mit Hilfe der Methoden zur Modellidentifikation aus Daten ableiten und Verfahren der modellprädiktiven Regelung anwenden, die vorausschauend mit komplexen (Mehrgrößen-)Systemen mit dominanten Totzeiten und Nichtlinearitäten umgehen können, sowie in Rapid-Prototyping-Plattform umsetzen, um später selbstoptimierende Maschinen und Anlagen entwickeln und realisieren zu können.	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Realisierung mechatronischer Systeme in Echtzeit • Modellierung für unterschiedliche mechatronische Domänen • Identifikation dynamischer Systeme (Modellidentifikation aus Daten) • modellbasierter Entwurf von (modellprädiktiven) Regelungen • rechnergestützte Simulation und Analyse mechatronischer Systeme 	
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase; Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung	
Prüfungsformen:	Softwareprogramm (60%), schriftlicher Bericht/Präsentation und mündliches Gespräch (40%)	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. $\hat{=}$ 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	keine	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Heimann, B. et al. (2016): Mechatronik. Carl Hanser Verlag • Isermann, R. (2008): Mechatronische Systeme. Springer-Verlag • Dittmar, R.; Pfeiffer, B. (2004): Modellbasierte prädiktive Regelung. Oldenbourg Wissensch. • Vlg. Camacho, E. F.; Bordons Alba, C. (2007): Model Predictive Control. Springer-Verlag • Maciejowski, J. M. (2002): Predictive Control with Constraints. Prentice Hall 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	

7.7.3 Entwicklung antropomorpher Maschinen

Modulnummer:	9M112						
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul						
ECTS credits:	5						
Sprache:	Deutsch						
Dauer des Moduls:	Einsemestrig						
Empfohlenes Studiensemester:	M2						
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)						
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. phil. Anja Richert						
Dozierende:	Prof. Dr. phil. Anja Richert						
Learning Outcome:	Die Studierenden erwerben Handlungswissen zu anthropomorphen Maschinen, indem sie die Historie und Ausprägungen des Anthropomorphismus kennen, Anforderungen und Herausforderungen anthropomorpher Maschinen analysieren und an einer anthropomorphen Maschine im Rahmen eines eigenen Projekts selbst mitentwickeln. Die Studierenden haben zudem Kenntnisse über anthropomorphe Multiagentensysteme und erproben ihr Wissen durch die Vernetzung ihrer Entwicklungsprojekte, um später komplexe anthropomorphe Maschinen konzipieren und umsetzen zu können.						
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Anthropomorphismus – Historie und Ausprägungen • Gestaltung anthropomorpher Maschinen • spezielle Anforderungen und Herausforderungen anthropomorpher Maschinen • Simulation, Analyse und Steuerung anthropomorpher Maschinen • anthropomorphe Multiagentensysteme 						
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase. Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung						
Prüfungsformen:	Entwicklungsdokumentation (50%), Präsentation (50%)						
Workload (30 Std. $\hat{=}$ 1 ECTS credit):	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vorlesung/Seminar</td> <td style="text-align: right;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td style="text-align: right;">120 Std.</td> </tr> </table>	150 Std./5 Credits		Vorlesung/Seminar	30 Std.	Projektarbeit	120 Std.
150 Std./5 Credits							
Vorlesung/Seminar	30 Std.						
Projektarbeit	120 Std.						
Präsenzzeit:	30 Std.						
Selbststudium:	120 Std.						
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine						
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Schlette, Christian (2012): Anthropomorphe Multi-Agentensysteme: Simulation, Analyse und Steuerung, Springer Vieweg. • Westermann, Bianca (2012): Anthropomorphe Maschinen. Grenzgänge zwischen Biologie und Technik seit dem 18. Jahrhundert. Wilhelm Fink Verlag. • Stelzer, Ralf et al. (2019): Entwerfen Entwickeln Erleben in Produktentwicklung und Design 2019. TUD Press. 						
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine						

7.8 Wahlpflichtmodule Digitaler Zwilling

7.8.1 Digitales Produktionsmanagement

Modulnummer:	9M113
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M2
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Gartzen
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Gartzen
Learning Outcome:	Die Studierenden können die Methoden des Produktionsmanagements auf ein Produktionssystem anwenden und die digitalen Werkzeuge auswählen, die diese Methoden in der Praxis unterstützen. Dazu kombinieren sie sowohl die grundlegenden Methoden z. B. zur Lean Production, Fertigungsplanung und Steuerung, Logistikplanung und Instandhaltung mit digitalen Technologien wie z. B. IoT-Plattformen, Track&Trace Technologien, AR-/VR-Werkzeuge und Smart Tools. Zur Ausgestaltung des Produktionsmanagements werden diese Konzepte auf ein Praxisbeispiel angewendet. Dies befähigt die Studierenden in der Berufspraxis planerische und steuernde Aufgaben in der Produktion zu übernehmen und die Möglichkeiten digital vernetzter Technologien dafür bewerten zu können.
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Herausforderung der Digitalisierung in produzierenden Unternehmen (insbesondere kleine, mittelständische Unternehmen) • Grundlegende Elemente des Produktionsmanagements (z.B. Zielsystem der Produktion, Wertstromanalyse, Bestandsmanagement, Fertigungsplanung, Auftragssteuerung, Kennzahlensystem etc.) • Technologien zur Digitalisierung und Vernetzung des Produktionsmanagements (z.B. IoT-Plattformen, Track&Trace Systeme, Augmented Reality, Virtual Reality, Künstliche Intelligenz etc.) • Case Study zur Entwicklung einer Digitalisierungslösung für das Produktionsmanagement
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase; fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung
Prüfungsformen:	Präsentationen (45%), Projektarbeit (30%) und Open Book Ausarbeitung (25%)
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits
Präsenzzeit:	10 Std.
Selbststudium:	140 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	keine
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Schuh, Günther; Schmidt, Carsten (2014): Handbuch Produktion und Management 5 – Produktionsmanagement. Springer Vieweg • Bauernhansl, Thomas et al. (2020): Fabrikbetriebslehre 1: Management in der Produktion. Springer Vieweg • Bauernhansl, Thomas et al. (2017): Handbuch Industrie 4.0, Bd.1: Produktion. Springer Vieweg

Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen: Keine

7.8.2 Virtuelle Prozessoptimierung (vormals Virtuelle Regleroptimierung)

Modulnummer:	9M114	
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch oder Englisch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M2	
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali, N.N.	
Learning Outcome:	Die Studierenden können am Ende des Moduls komplexe Regler auf einer industriellen Automatisierungsplattform (SPS, IPC o. A.), die an einem Modell der Maschine oder Anlage gekoppelt wird, implementieren und das Führungs- und Störverhalten des Regelsystems untersuchen, bewerten und optimieren, indem sie geeignete Verfahren der Modellbildung, des Reglerentwurfes und der mathematischen Optimierung kombinieren und anwenden, um Regelsysteme in der Designphase von intelligenten Maschinen und Anlagen zu testen, zu optimieren und vorab in Betrieb zu nehmen.	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Programmierung von industriellen Automatisierungsplattformen (SPS, IPC o. A.) • Modellierung von Maschinen oder Anlagen • Entwurfsmethoden für komplexe (modellprädiktive) Regelungen • Verfahren zur Regleroptimierung • Werkzeugkette Simulation bis zur Hardwareanbindung 	
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase; fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung	
Prüfungsformen:	Softwareprogramm (70%), schriftlicher Bericht/Präsentation und mündliches Gespräch (30%)	
Workload	50 Std./5 Credits	
(30 Std. $\hat{=}$ 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	keine	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Bertsche, B.; Bullinger, H.-J. (Hrsg.) (2007): Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototypin. Springer-Verlag • Abel, D.; Bollig, A. (2006): Rapid Control Prototyping. Springer-Verlag • Abel, D.; Bollig Epple, U.; Spohr, G.-U. (Hrsg.) (2008): Integration von Advanced Control in der Prozessindustrie. Wiley Verlag 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	

7.8.3 X-Realities in der Industrie 4.0 – Augmented, Mixed & Virtual Reality

Modulnummer:	9M115						
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul						
ECTS credits:	5						
Sprache:	Deutsch						
Dauer des Moduls:	Einsemestrig						
Empfohlenes Studiensemester:	M2						
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)						
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. phil. Anja Richert						
Dozierende:	Prof. Dr. phil. Anja Richert, Dr. phil. Valérie Varney						
Learning Outcome:	Die Studierenden erwerben Handlungswissen über Augmented, Mixed und Virtual Reality in der Industrie 4.0. Sie können die Unterschiede der Technologien und die Bedeutung menschlicher Wahrnehmung für den industriellen AR-/MR- und VR-Einsatz beschreiben. Die Studierenden kennen verschiedene Interaktionsmöglichkeiten in X-Reality-Anwendungen in der Industrie 4.0 und sind in der Lage selbst ausgewählte Entwicklungsprozesse durchzuführen. Die Studierenden erproben ihr Wissen durch die gegenseitige Evaluation ihrer Entwicklungsprojekte, um später X-Reality Projekte konzipieren, umsetzen und evaluieren zu können.						
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Augmented (AR), Mixed (MR) und Virtual Reality (VR): • Definition, Einsatzbereiche und Anwendungsbeispiele • Theorien und Modelle zum Einsatz von AR/MR/VR • Interaktionen in X-Realities • Evaluation der Technologien • X-Reality Projekt: Entwicklung und Evaluation einer AR-/MR-/VR-Anwendung 						
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase. fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung						
Prüfungsformen:	Entwicklung einer XR-Anwendung (50%), Entwicklungsdokumentation und -präsentation (50%)						
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	<table border="0"> <tr> <td>150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vorlesung/Seminar</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td>120 Std.</td> </tr> </table>	150 Std./5 Credits		Vorlesung/Seminar	30 Std.	Projektarbeit	120 Std.
150 Std./5 Credits							
Vorlesung/Seminar	30 Std.						
Projektarbeit	120 Std.						
Präsenzzeit:	30 Std.						
Selbststudium:	120 Std.						
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine						
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Jost, Jana et al. (2017): Der Mensch in der Industrie – Innovative Unterstützung durch Augmented Reality. In: Handbuch Industrie 4.0. Bd. 1. Springer Vieweg. 2. Auflage. • Dörner, Ralf et al. (2013): Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. Springer Vieweg, Wiesbaden. • Jerald, Jason (2016): The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality; ACM und Morgan & Claypool. • Schmalstieg, Dieter; Höllerer, Tobias (2016): Augmented Reality: Principles and Practice. Addison-Wesley. • Linowes, Jonathan (2015): Unity virtual reality projects: Explore the world of virtual reality by building immersive and fun VR projects using Unity 3D. Packt Publishing. • Linowes, Jonathan; Babilinski, Krystian (2017): Augmented Reality for Developers: Build practical augmented reality applications with Unity, ARCore, ARKit, and Vuforia; Packt Publishing. 						

Verwendung des Moduls in Keine
weiteren Studiengängen:

7.8.4 Nichtlineare Finite-Elemente-Anwendungen

Modulnummer:	9M119				
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul				
ECTS credits:	5				
Sprache:	Deutsch				
Dauer des Moduls:	Einsemestrig				
Empfohlenes Studiensemester:	M2				
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)				
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Henninge Hallmann				
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Henninge Hallmann				
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden begreifen die Notwendigkeit nichtlinearer Berechnungen zur Erkennung von Tragreserven und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Konstruktionen. Sie beschreiben verschiedene Arten nichtlinearer Problemstellungen. Darauf aufbauend erkennen die Studierenden nichtlineare Problemstellungen und können diese einer Kategorie zuordnen. Die Studierenden können Konzepte nicht-linearer Finite-Elemente-Methoden beschreiben, speziell in den Bereichen Kontinuumsmechanik (nichtlineares Materialverhalten, Stabilitätsprobleme, Kontakt und Reibung, etc.). Für exemplarische Aufgabenstellungen können die Studierenden unter Nutzung einer kommerziellen FEM-Software eine geeignete Modellbildung vornehmen, mittels FEM lösen und die Lösung diskutieren.</p> <p>Dies sind beispielsweise Stabilitäts- und Kontaktprobleme; die Studierenden klassifizieren und beurteilen diese, sie sind in der Lage Stabilitäts- und Kontaktmodelle zu erstellen und zu berechnen, sowie Festigkeits- und Stabilitätsnachweise durchzuführen.</p>				
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Klassifizierung von Nichtlinearitäten, Übersicht über geometrisch und physikalisch nichtlineare Probleme mit Einführungsbeispiel • Übersicht über nichtlineare Materialgesetze • Elastisch-Plastische Effekte • Übersicht über Lösungsverfahren für statische Probleme (Newton- und Quasi-Newton-Verfahren, Bogenlängenverfahren), Lösungsverfahren für nichtlineare Probleme (inkrementelle / iterative Verfahren, Newton-Raphson Methode), Transiente Lösungen (explizite und implizite Zeitintegrationsverfahren) <p>Ausgewählte Anwendungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenwertlösungen für Stab- und Schalenkonstruktionen (Eigenbuckling) • Nichtlineare Stabilitätsuntersuchungen (Nichtlineares Beulen), Einfluss der geometrischen Imperfektionen und lokalen Lasteinleitungen • Post-buckling Verhalten (Nachbeulverhalten) • Kontaktarten: Modelle und Realität • Kontaktprobleme (Methoden/Algorithmen, Reibung, Kontaktkörper / Kontaktpaare) 				
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase; Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung				
Prüfungsformen:	schriftlicher Bericht und Präsentation				
Workload	150 Std./5 Credits				
(30 Std. \cong 1 ECTS credit):	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Vorlesung/Seminar</td> <td style="width: 50%;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td>120 Std.</td> </tr> </table>	Vorlesung/Seminar	30 Std.	Projektarbeit	120 Std.
Vorlesung/Seminar	30 Std.				
Projektarbeit	120 Std.				
Präsenzzeit:	30 Std.				
Selbststudium:	120 Std.				
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine				
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • K.J. Bathe, Finite-Elemente-Methoden, Springer, 2001 				

-
- L. Nasdala, FEM-Formelsammlung Statik und Dynamik, Vieweg+Teubner, 2010
 - Issler, Ruoß, Häfele. Festigkeitslehre - Grundlagen, Springer, 2. Auflage, 1997.
-

Verwendung des Moduls in
weiteren Studiengängen: Keine

7.9 Wahlpflichtmodule KI in Engineering

7.9.1 Machine Learning

Modulnummer:	9M116	
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M2	
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali	
Dozierende:	Dr.-Ing. Loui Al Shrouf	
Learning Outcome:	Die Studierenden können Machine Learning-Methoden implementieren und/oder aus geeigneten Bibliotheken auswählen, damit Daten mit Hilfe des Computers analysieren und visualisieren sowie für verschiedene Zwecke und Anwendungsgebiete Vorhersagen machen, indem sie die wichtigsten fortschrittlichen Machine Learning-Methoden und die zugehörigen Algorithmen kennen, verstehen und anwenden, um später den Zustand von Maschinen und Anlagen zu überwachen und zu optimieren, anbahnende Fehler zu erkennen und zu antizipieren.	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Supervised Learning, Unsupervised Learning • Model Selection, Anomaly Detection • fully connected Deep Neural Networks • Convolutional Neural Network • Reinforcement Learning • evolutionäres Lernen 	
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase; Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung	
Prüfungsformen:	Softwareprogramm (60%), schriftlicher Bericht/Präsentation und mündliches Gespräch (40%)	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. \cong 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Burkov, A. (2019): Machine Learning. mitp Verlag • Aggarwal, C. C. (2018): Neural Networks and Deep Learning. Springer-Verlag • Müller, A. C.; Guido, S.; Rother, K. (2017): Einführung in Machine Learning mit Python: Praxiswissen Data Science. O'Reilly Verlag • Raschka, S.; Mirjalili, V. (2018): Machine Learning mit Python und Scikit-Learn und TensorFlow. mitp Verlag 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	

7.9.2 Machine Learning for Process Control (vormals KI-gestützte Regelsysteme)

Modulnummer:	9M117
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M2
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali, N.N.
Learning Outcome:	Die Studierenden können Regelsysteme basierend auf Methoden der künstlichen Intelligenz (von an der Natur angelehnten Methoden) entwerfen, implementieren, simulieren und analysieren, indem sie Modelle basierend auf künstlichen neuronalen Netzen oder Fuzzy-Logik herleiten (d. h. aus Daten identifizieren), die Methoden zum Entwurf von intelligenten Regelungen auswählen und anwenden, um später intelligente (selbstlernende) Maschinen und Anlagen zu realisieren.
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Fuzzy-Logik, Fuzzy-Systeme • künstliche neuronale Netze • KI-Modellidentifikation (Lernalgorithmen) • Fuzzy-Regelungen • Neuro-Regelungen • Neuro-Fuzzy Regelungen (Optional) • Einsatz klassische vs. KI-gestützte Regelungen
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase; fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung
Prüfungsformen:	Softwareprogramm (50%), schriftlicher Bericht/Präsentation und mündliches Gespräch (50%)
Workload (30 Std. $\hat{=}$ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Seminar/Projekt mit Coaching 90 Std. Vor- und Nachbereitung 60 Std.
Präsenzzeit:	Min. 30 Std., Empfehlung 90 Std.
Selbststudium:	120 Std. bzw. 60 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Kahlert, J. (1995): Fuzzy Control für Ingenieure. Vieweg • Bothe, H.-H. (1998): Neuro-Fuzzy-Methoden. Springer-Verlag • Nauck, D.; Klawonn, F.; Kruse, R. (1994): Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme. Vieweg • Nørgaard, M. et al. (2000): Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic Systems. Springer-Verlag • Bemporad, A.; Morari, M.; Ricker, N. L. (2016): Model Predictive Control Toolbox: User's Guide. Benutzerhandbuch zur Software MATALB R2016a
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine

7.9.3 Mensch-Maschine-Interaktion

Modulnummer:	9M118						
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul						
ECTS credits:	5						
Sprache:	Deutsch						
Dauer des Moduls:	Einsemestrig						
Empfohlenes Studiensemester:	M2						
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)						
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. phil. Anja Richert						
Dozierende:	Prof. Dr. phil. Anja Richert						
Learning Outcome:	Die Studierenden erwerben Handlungswissen über Grundlagen der Mensch-Maschine-Interaktion und vertiefend Schwerpunktwissen in speziellen, fortgeschrittenen Methoden der Kommunikation zwischen Menschen und Maschine durch die Kombination aus Vorlesung, seminaristischem Unterricht und Projektarbeit. Die Studierenden erproben ihr Wissen durch die gegenseitige Evaluation ihrer Entwicklungsprojekte, um später komplexe Mensch-Maschine-Interaktionen konzipieren, umsetzen und evaluieren zu können.						
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Wahrnehmung und Informationsverarbeitung beim Menschen • Theorien und Modelle für interaktive Systeme • Methoden zur Entwicklung und Evaluation von Schnittstellen • Theorien und Techniken fortgeschrittener Ansätze wie • Sprachdialogsysteme • multimodale Interaktionen • immersive virtuelle Umgebungen und • kooperative, soziale Companions (z.B. Roboter oder virtuelle Charaktere). 						
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Vorlesung und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektphase. Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung						
Prüfungsformen:	Entwicklungsdokumentation (inkl. Evaluation) (50%), Präsentation (50%)						
Workload (30 Std. $\hat{=}$ 1 ECTS credit):	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vorlesung/Seminar</td> <td style="text-align: right;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td style="text-align: right;">120 Std.</td> </tr> </table>	150 Std./5 Credits		Vorlesung/Seminar	30 Std.	Projektarbeit	120 Std.
150 Std./5 Credits							
Vorlesung/Seminar	30 Std.						
Projektarbeit	120 Std.						
Präsenzzeit:	30 Std.						
Selbststudium:	120 Std.						
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine						
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Stelzer, Ralf et al. (2019): Entwerfen Entwickeln Erleben in Produktentwicklung und Design 2019. TUD Press. • Butz, Andreas; Krüger, Antonio (2017): Mensch-Maschine-Interaktion. De Greuter Oldenbourg. 2.Auflage. • Dix, Finlay, Abowd, Beale (2004): Human-Computer Interaction, 3rd Edition, Pearson Education Ltd. • Dahm, M. (2006): Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion, Pearson Studium. • Jurafsky; Martin (2000): Speech and Language Processing, Prentice Hall. • Jokinen, K. (2009): Constructive Dialogue Modelling, Wiley. • Cassell, J. et al.(2000): Embodied Conversational Agents, MIT Press. • Breazeal, C. (2002): Designing Sociable Robots, MIT Press. 						
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine						

Impressum:

TH Köln
Gustav-Heinemann-Ufer 54
50968 Köln

www.th-koeln.de