Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme

Modulhandbuch
Maschinenbau

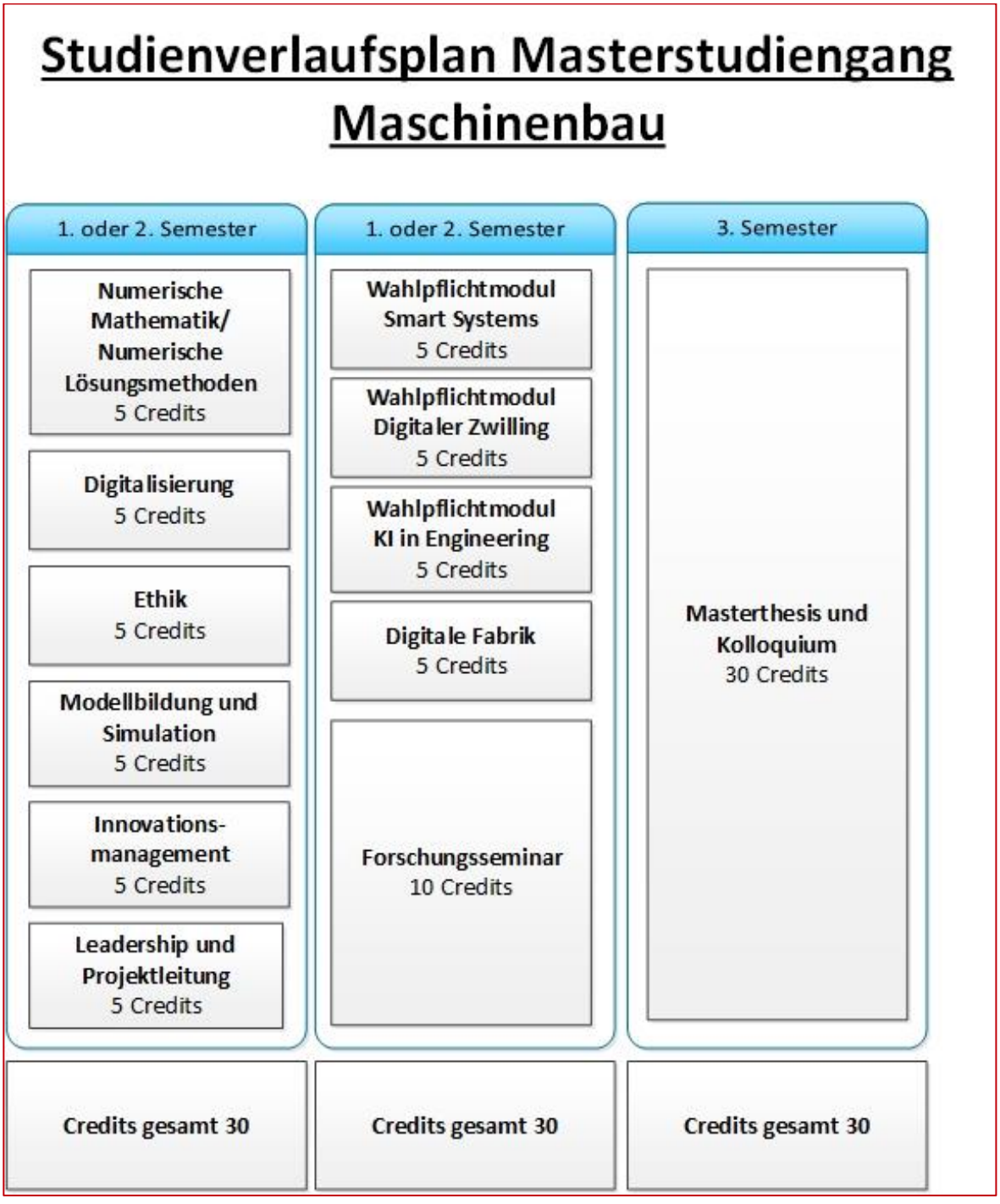
Master of Science

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Inhalt

1. Studienverlaufsplan 3
2. Wahlpflichtmodule 4
2.1 Smart Systems 4
2.2 Digitaler Zwilling 4
2.3 KI in Engineering 5
3. Studienverlaufsplan als Liste 6
4. Alternativer Studienverlaufsplan 7
5. Modulmatrix 8
6. Module 9
7.1 Numerische Mathematik/Numerische Lösungsmethoden 9
7.2 Digitalisierung 11
7.3 Ethik 12
7.4 Modellbildung und Simulation 13
7.5 Innovationsmanagement 14
7.6 Leadership und Projektleitung 15
7.10 Digitale Fabrik 16
7.11 Forschungsseminar 17
7.12 Masterthesis und Kolloquium 19
7.7 Wahlpflichtmodule Smart Systems 20
7.7.1 Entwicklung intelligenter Maschinenelemente 20
7.7.2 Modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme 21
7.7.3 Entwicklung antropomorpher Maschinen 22
7.8 Wahlpflichtmodule Digitaler Zwilling 23
7.8.1 Digitales Produktionsmanagement 23
7.8.2 Virtuelle Prozessoptimierung (vormals Virtuelle Regleroptimierung) ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
7.8.3 X-Realities in der Industrie 4.0 – Augmented, Mixed & Virtual Reality 26
7.8.4 Nichtlineare Finite-Elemente-Anwendungen 27
7.8.5 CFD - Computational Fluid Dynamics 29
7.9 Wahlpflichtmodule KI in Engineering 31
7.9.1 Machine Learning 31
7.9.2 Machine Learning for Process Control (vormals KI-gestützte Regelsysteme) **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
7.9.3 Mensch-Maschine-Interaktion 32

1. Studienverlaufsplan schematisch



2. Wahlpflichtmodule

2.1 Smart Systems

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

2.2 Digitaler Zwilling

Modulnummer	**Modulname**	**Sem.**	**DozentIn**
9M113	Digitales Produktionsmanagement	SoSe	Prof. Dr.-Ing. Thomas Gartzen
9M114	Machine Vision	WiSe	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali
9M115	X-Realities in der Industrie 4.0 – Augmented, Mixed & Virtual Reality	WiSe	Prof. Dr. phil. Valérie Varney
9M119	Nichtlineare Finite-Elemente-Anwendungen	SoSe + WiSe	Prof. Dr.-Ing. Henning Hallmann
9M211	CFD - Computational Fluid Dynamics	WiSe	Prof. Dr.-Ing. Ziller

2.3 KI in Engineering

Modulnummer	**Modulname**	**Sem.**	**DozentIn**
9M116	Machine Learning	SoSe	Dr. Al Shrouf
9M118	Mensch-Maschine-Interaktion	WiSe	Prof. Dr. phil. Anja Richert

3. Studienverlaufsplan tabellarisch

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)	
	9M114	Machine Vision	
	9M115	X-Realities in der Industrie 4.0 – Augmented, Mixed & Virtual Reality	5
	9M119	Nichtlineare Finite-Elemente-Anwendungen	
		Wahlpflichtmodul KI in Engineering (1 aus 3)	
	9M118	Mensch-Maschine-Interaktion	5
		Wahlpflichtmodul Smart Systems (1 aus 3)	
	9M110	Entwicklung intelligenter Maschinenelemente	5
	9M111	Modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme	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
	9M102	Digitalisierung	5
		Wahlpflichtmodul Smart Systems (1 aus 3)	
	9M110	Entwicklung intelligenter Maschinenelemente	5
	9M112	Entwicklung antropomorpher Maschinen	5

		Wahlpflichtmodul Digitaler Zwilling (1 aus 4)	
	9M113	Digitales Produktionsmanagement	5
	9M119	Nichtlineare Finite-Elemente-Anwendungen	
		Wahlpflichtmodul KI in Engineering (1 aus 3)	
	9M116	Machine Learning	5
3.			
	9M109	Masterthesis und Kolloquium	30

4. 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.

5. Modulmatrix

Modulmatrix Studiengang: Master Maschinenbau														Stand: 2020 03 31	Version 1.2
Module / Lehrveranstaltungen				**Handlungsfelder**			**Kompetenzcluster***			**Zuordnung Studiengangkriterien**				**Prüfungen**	**Teillei-stungen**
FS	**Modul**	**ects**	**Wahlmodule**	**Forschen & Erkennen**	**Entwickeln & Gestalten**	**Vermitteln & Transfer**	**I**	**II**	**III**	**Internationalisierung**	**Interdisziplinarität**	**Digitalisierung**	**Transfer**	**Anzahl**	**Anzal**
														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		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	Wahlkalalog 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		2
	Wahllkatalog 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	x	1	2

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

6. 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:	Die Studierenden lösen mathematische und anwendungsorientierte Problemstellungen unter Verwendung von mathematischen Verfahren und numerischen Methoden, die jeweils für die im Abschnitt Modulinhalte 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.
Modulinhalte:	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. 2) Bearbeitung mathematischer Probleme mit einer Programmiersprache: U.a. Rechnerarithmetik, Kondition von Problemen, Stabilität von Algorithmen, Analyse numerischer Instabilitäten, Bewertung erhaltener Resultate. 3) Lösung mathematischer Probleme manuell und mit numerischen Verfahren, in der Regel ausgehend von einem Anwendungskontext, z.B.: • 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. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits 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 • 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:	• 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:	N.N.
Dozierende:	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:	• 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 (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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:	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. 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. .
Modulinhalte:	• 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. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits 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:	• 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, Raffaela (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:	• 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 (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung 30 Std. Vor- und Nachbereitung 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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:	• 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 (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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 Softewareunternehmen. 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:	Studierende können ingenieurwissenschaftliche, maschinenbauliche und ingenieurmäßige Entwicklungsprojekte im Hinblick auf einen Gesamtprojekterfolg planen und teambezogen leiten, indem sie • 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. Das Modul bereitet die Studierenden auf spätere Leitungsfunktionen und -situationen vor und soll sie dabei unterstützen, ihr Leiten im Sinne von Leadership zu gestalten.
Modulinhalte:	• 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. ≙ 1 ECTS credit):	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:	• 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. Thomas Gartzen
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:	• 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. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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. Riegelmayer, 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:	Die Studierenden können eigenständig organisierte Forschungsprojekte initiieren und methodisch sowie organisatorisch auszugestalten, indem sie • 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 Das Modul dient dazu, dass die Studierenden eigene Forschungs- und Entwicklungsthemen auch später wissenschaftlich bearbeiten können
Modulinhalte:	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.
Lehr- und Lernmethoden:	Seminar mit Projektphase
Prüfungsformen:	Wissenschaftliches Paper (50%), Präsentation und ausführliche Verteidigung des Ergebnisses (50%)
Workload (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	300 Std./10 Credits 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:	• 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. phil. Anja Richert
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 Losungen 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. ≙ 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. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Seminar 10 Std. Projektarbeit 140 Std.
Präsenzzeit:	10 Std.
Selbststudium:	140 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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:	• 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 (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	keine
Empfohlene Literatur:	• 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:	• 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. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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 Produktions-managements 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:	• 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. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits
Präsenzzeit:	10 Std.
Selbststudium:	140 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	keine
Empfohlene Literatur:	• 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 Machine Vision

Modulnummer:	9M114
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M2
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Mohieddine Jelali
Dozierende:	Dr. Hammoud Al Joumaa, Konstantinos Papadopoulos, M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Mohieddine Jelali
Learning Outcome:	Die Studierenden können selbstständig eigene Machine-Vision-Automationslösungen für industrielle Anwendungsfälle im Bereich der Qualitätskontrolle unter Berücksichtigung von Kundenanforderungen konzipieren, entwerfen, realisieren, in Betrieb nehmen und optimieren, indem sie ein breites Wissen an unterschiedlichen Systemtechnologien (insbesondere Kamera-, Linsen-, Beleuchtungstechnik und Verarbeitungsplattformen), Bildverarbeitungsverfahren sowie Machine Learning/Deep Learning-Verfahren nutzen, um die Inspektionssysteme mit fortschrittlichen Objektdetektions- und Klassifikationsalgorithmen ausstatten zu können.
Modulinhalte:	• Grundlagen zu Computer Vision, Machine Vision und ML/DL • Aufbau von Machine-Vision-Systemen, Technologien und Systemkonzepte • Verfahren für die Vorverarbeitung von Bilddaten (Farbkorrekturen, Entzerrung, Rauschunterdrückung, Kerneloperationen etc.) • Aufbau von ML/DL-Verarbeitungspipelines, Modelltraining und Evaluation • Entwurfsmethodik für Machine-Vision-Systemlösungen
Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus seminaristischem Unterricht inkl. Screencasts für die Vorlesungsinhalte und Übungen sowie Projektphase mit fortlaufendem Coaching und Beratung
Prüfungsformen:	Schriftliche Teilberichte (3 x 25%) sowie mündliche Präsentation als Gruppe (25%)
Workload (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	keine
Empfohlene Literatur:	• Hornberg, A. (2006): Handbook of Machine Vision. Wiley-VCH. • Beyerer, J.; León, F. P.; Frese, C. (2016): Machine Vision – Automated Visual Inspection: Theory, Practice and Applications. Springer Berlin-Heidelberg. • Batchelor, B. G. (2012): Machine Vision Handbook, Springer London. • Corke, P. (2017): Robotics, Vision and Control. Springer International Publishing.
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine

7.8.2 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:	• 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. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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 weiteren Studiengängen:	Keine

7.8.3 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:	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. 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.
Modulinhalte:	• 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) Ausgewählte Anwendungen: • 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 (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.

Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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

7.8.4 CFD - Computational Fluid Dynamics

Modulnummer:	9M211/9M332
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Englisch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Ziller
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Ziller, Herr Sturm, M.Eng., Herr Hartmann, M.Sc.
Learning Outcome:	Die Studierenden können Aufgabenstellungen in Zusammenhang mit Strömungsprozessen formulieren und modellieren, mit numerischen Methoden lösen, die Ergebnisse analysieren und deren Genauigkeit beurteilen, indem sie in Beispielen und in einem eigenen Projekt das Softwaretool ANSYS Fluent einsetzen, um Strömungsgeometrien und Netzen zu erzeugen, geeignete numerische Lösungsmethoden und Modelle anzuwenden und die Ergebnisse zu visualisieren und validieren, um reale Strömungsvorgänge sowohl in technischen als auch wissenschaftlichen Themenbereichen zur Optimierung und Analyse numerisch simulieren zu können.
Modulinhalte:	• Grundlagen - was ist CFD: Aufbau und Möglichkeiten numerischer Strömungssimulation • Navier-Stokes-Gleichungen • Mathematische Modellbildung: zeitliche und räumliche Diskretisierungsmethoden, Finite-Volumen • Numerische Lösungsmethoden, Konvergenzkriterien • Netze und Gitter • Turbulenzmodelle und Wandfunktionen • Randbedingungen • Wärmeübertragungsmodelle (Konvektion, Leitung, Strahlung) • Validierung, Fehlerbetrachtung (Art, Ursache, Vermeidung)
Lehr- und Lernmethoden:	Die Vorlesung zur Besprechung der Grundlagen, die anhand von Beispielen und einfachen Excel-Programmierungen veranschaulicht wird. Zum Ende des Moduls wird ein Anwender aus der Praxis von seinen Erfahrungen berichten. Übungen/Rechnerpraktikum zum Erlernen der Bedienung des Softwarepakets ANSYS Fluent (Studierendenversion). Die selbständige Bearbeitung eines eigenen Projektes in Kleinstgruppen: Definition des Projektziels innerhalb des vorgegebenen Rahmens, Durchführung der CFD-Simulationen, Erstellung Poster oder Bericht, Ergebnispräsentation. Wöchentliche Reflexion des Projektfortschritts mit den Dozenten. Materialien zur Vor- und Nachbereitung (Vorlesungsmaterial, Übungsbeispiele, Vorgaben Projektarbeit) sind online in ILIAS
Prüfungsformen:	Klausur (90 Min., Hilfsmittel Formelsammlung) und Projektaufgabe als Hausarbeit (je 50% der Gesamtnote)
Workload (30 Std. ≙ 1 ECTS credit) :	150 Std./5 Credits Vorlesung 30 Std. Übung/Rechnerpraktikum 15 Std.

	Projektarbeit Vor- und Nachbereitung	75 Std. 30 Std.
Präsenzzeit:	45 Std.	
Selbststudium:	11 5Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Kenntnisse in: Strömungslehre Numerische Mathematik	
Empfohlene Literatur:	• Ansys Inc. (Hrsg.), (2006): ANSYS CFX-Solver Theory Guide; [o.Aufl.]; [o.O.] • Laurien, E.; Oertel, H. (2013): Numerische Strömungsmechanik: Grundgleichungen und Modelle - Lösungsmethoden - Qualität und Genauigkeit; 5., überarb. und erw. Aufl.; Wiesbaden: Springer Vieweg • Ferziger, J. H.; Perić, M. (2002): Computational methods for Fluid Dynamics; 3.überarb. Aufl; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag • Wendt, J. F.; Anderson, J. D. (Hrsg), (2009): Computational Fluid Dynamics; 3. überarb. Aufl.; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag • Oertel jr., H. (Hrsg) (2012): Prandtl – Führer durch die Strömungslehre: Grundlagen und Phänomene; 13., überarb. Aufl.; Wiesbaden: Springer Verlag • Lecheler, S. (2014): Numerische Strömungsberechnung: Schneller Einstieg durch anschauliche Beispiele mit ANSYS 15.0 ; 3., aktual. Aufl.; Wiesbaden: Springer Verlag	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Erneuerbare Energien, Master Verfahrenstechnik – Prozessintensivierung, Master Green Building Engineering	

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:	• 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 (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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 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:	• 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. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	• 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