Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme

Modulhandbuch

Green Building Engineering
Master of Science

Technology
Arts Sciences
TH Köln

1. Inhalt

1. Inhalt 2
2. Studiengangbeschreibung 3
3. Absolvent*innenprofil und Handlungsfelder 4
4. Studienverlaufsplan 6
5. Alternativer Studienverlaufsplan 9
6. Modulmatrix 10
7. Prüfungslast 11
8. Module 12
   8.1 Numerische Mathematik/Numerische Lösungsmethoden 12
   8.2 Ethik 14
   8.3 Modellbildung und Simulation 15
   8.4 Innovationsmanagement 16
   8.5 Forschungsprojekt 17
   8.6 Masterthesis und Kolloquium 18
9. Schwerpunktemodule 19
   9.1 Life-Cycle-Engineering 19
   9.2 Designing Green Buildings 20
   9.3 Green Building Environment 21
   9.4 Green Buildings Envelops 22
   9.5 Green Healthy Buildings 23
10. Wahlpflichtmodule Methoden 24
   10.1 Green Building Simulation 24
   10.2 Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden 25
   10.3 CFD – Computational Fluid Dynamics 26
   10.4 Security Systems 27
   10.5 Informationsorientierte Gebäudeautomation 28
   10.6 Machine Learning 29
   10.7 X-Realities in der Industrie 4.0 – Augmented, Mixed & Virtual Reality 30

2. Studiengangbeschreibung

Nachhaltiges Planen und Bauen, Sanieren und Betreiben von Gebäuden ist eines der drängendsten, globalen Zukunftsthemen unserer Gesellschaft und eine Herausforderung des 21. Jahrhunderts. Ingenieur*innen im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung stehen im Zuge dieses damit verbundenen notwendigen Strukturwandels und der zunehmenden Digitalisierung in unserer Wohn-, Lebens- und Arbeitswelt vor einer komplexen Aufgabe. Es gilt Ingenieurlösungen für Umweltziele wie Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft und Schutz der natürlichen Ressourcen zu entwickeln. Umweltziele stehen hier im Spannungsfeld mit Aspekten der Digitalisierung, Zielen wie Sicherung von Gesundheit und Wohlbefinden sowie Wirtschaftlichkeit. Die Kompetenz, Gebäude interdisziplinär und integral zu denken ist der richtige und notwendige Weg zum Erreichen der vielseitigen und komplexen Anforderungen im Spannungsfeld der Nachhaltigkeit. Dies stellt hohe Anforderungen an die entwickelnden, planenden und forschenden Ingenieure*innen der Zukunft und ist nur durch ein hohes Maß an interdisziplinärer und integraler Zusammenarbeit unter Einbindung soziologischer Denkweisen zu lösen.

Wir bilden Ingenieur*innen, die Green Buildings der Zukunft integral betrachten, die Informationen aus unterschiedlichen Disziplinen verarbeiten und bewerten, um daraus nachhaltige Planungs- und Betriebsprozesse abzuleiten. Die Absolvent*innen dieses Masterstudiengangs erkennen und reagieren auf die sich ständig verändernden technischen Anforderungen an Green Buildings und entwickeln Lösungsstrategien mit Blick auf ökonomische, ökologische, soziale und gesellschaftliche Aspekte. Wir fördern im Studiengang inter- und transdisziplinäre Kooperationen, insbesondere mit Bauingenieur*innen, mit Architekt*innen, mit Ingenieur*innen der erneuerbaren Energien, mit Maschinenbauer*innen und nicht zuletzt mit Geistes- und Sozialwissenschaftler*innen.

Aufbau und Struktur des Studiengangs ermöglichen eine flexible, fakultätsübergreifende und kooperative Arbeitsweise, die in forschungs- und innovationsorientierten Lernräumen als Ort der aktiven Kompetenzvermittlung und -orientierung umgesetzt werden kann. Alle Module sind konsequent kompetenzorientiert ausgerichtet und sehen die Bearbeitung aktueller Problemstellungen in interdisziplinären Gruppen und Situationen vor. So ist es möglich, Wissen durch integrale Forschung zu generieren, gesellschaftliche Prozesse einzubeziehen und handlungsnahe Erkenntnisse zu gewinnen und diese im direkten Austausch mit Akteur*innen der Wirtschaft und Partner*innen sowohl aus technischen als auch aus gesellschaftlichen Bereichen zu transferieren (Forschungspartner, Mitglieder*innen anderer Fakultäten, Sichtbarkeit in der Scientific Community durch Veröffentlichungen und Teilnahme an Konferenzen).

Der Transfer von Ideen und Wissen auf dem Gebiet der Green Buildings gelingt auch durch die enge Zusammenarbeit mit dem zum Institut gehörenden TGA-Beirat mit mehr als 50 Unternehmen aus der TGA-Branche sowohl auf der Ebene der Lehre als auch in Forschung und (Projekt-)Entwicklung. Unsere Absolvent*innen sollen diese Transformationsprozesse nicht nur mitdenken, sondern vielmehr mitgestalten und initiieren.

In der Lehre und Forschung strebt das Institut für Technische Gebäudeausrüstung nach wissenschaftlicher Wirksamkeit und Reflexion. Lösungsorientierte Anwendungen von Wissenschaft sowie kritische Reflexion von Wirkungen anwendungsbezogener Innovationen stehen im Fokus des Green Building Engineering Masterstudiums.

Die aus der engen fakultätsübergreifenden Kooperation aller beteiligten Akteure resultierenden sozialen Innovationsprozesse müssen partnerschaftlich und interdisziplinär gestaltet und in ihrer Wirkung reflektiert werden. Wir fördern die Entwicklung unserer Green Building Masterstudierende, – auch über ihre fachliche Kompetenz hinausgehend – sodass sie zu verantwortlichen Mitgliedern der Gesellschaft werden.

3. Absolvent*innenprofil und Handlungsfelder

Nachhaltiges Gestalten und Planen, Betreiben, Erhalten und Sanieren, Optimieren und Bewerten von Green Buildings stellt hohe Anforderungen an die Ingenieur*innen der Zukunft und ist nur durch ein hohes Maß an interdisziplinärer und integraler Zusammenarbeit von Ingenieur*innen aus unterschiedlichen Disziplinen zu lösen. Neben der technischen Entwicklung spielt insbesondere die Berücksichtigung der soziotechnischen Akzeptanz eine entscheidende Rolle, da die zukünftig eingesetzten komplexen Gebäudesysteme sowohl in der Wohn- als auch in der Arbeitswelt eng mit dem Menschen kooperieren und gesellschaftliche Veränderungen bzw. Bedürfnisse in den zukünftigen Wohn-, Lebens- und Arbeitswelten maßgebend beeinflussen.

Es ist nicht mehr ausreichend, Ingenieur*innen im Bereich der Gebäudetechnik standardisierte Planungskonzepte nach Vorgaben (Normen, Richtlinien) zu vermitteln, vielmehr brauchen wir Generalisten, die - neben technischen - über vielseitige funktionsübergreifende Kompetenzen verfügen, sowie ein ausgeprägtes, konzeptionelles, systemisches Denken und Urteilsvermögen haben. Sie tragen eine gesellschaftliche Verantwortung, sie fungieren als Kommunikator*innen und arbeiten integral und interaktiv mit unterschiedlichen fachlichen Disziplinen und können flexibel in unterschiedlichen Funktionen eingesetzt werden, wie auch eine Studie einer Expertenkommission Ingenieurwissenschaften@BW2025 aufgezeigt (Literatur Expertenkommission Ingenieurwissenschaften@BW2025, Abschlussbericht).

Aus diesen gesellschaftlichen Bedarfen entstehen Handlungsfelder, welche die thematischen Schwerpunkte als Studiengangziele für künftige Absolvent*innen darstellen. Es müssen Kompetenzen im Studium entwickelt werden, die einen verantwortungsvollen Umgang mit der Technikentwicklung und -akzeptanz, den ökologischen, ökonomischen und personellen Ressourcen gewährleisten.

Die Schwerpunktmodule bilden diese Handlungsfelder ab. Während die Absolvent*innen in den Bachelorstudiengängen wenig interdisziplinäre Kompetenzen erwerben, liegt der Fokus der Masterstudierenden bei der integralen Kooperation und Arbeitsweise zum

- Gestalten und Planen,
- Betreiben, Erhalten und Sanieren und (dem sich wandelnden Klima) Anpassen
- sowie Optimieren und Bewerten

von „Green Buildings“ im gesamten Lebenszyklus.

Um die Handlungsziele zu erreichen, bedarf es Methoden, die aus einem Katalog von Modulen gewählt werden können. Betont werden dabei insbesondere digitale Methoden, um die geforderten nachhaltigen Prozesse im Bereich der Errichtung als auch Sanierung von Gebäuden und Quartieren zu erreichen. Dies zeigt sich im Gebäudebereich insbesondere durch die sich in den letzten Jahren stark entwickelte integrale und disziplinübergreifende digitale Kommunikationsplattform der BIM-Systeme (Building Information Modeling) mit der die Steigerung und das Sichern der Nachhaltigkeit im Gebäudebereich durch die Digitalisierung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen unterstützt wird.

Neben gebäudespezifischen Methoden werden auch Methoden angeboten, deren Einsatz aus dem Maschinenbau kommend in der Gebäudetechnik angewendet werden (z.B. CFD, Machine Learning und Virtual Reality).

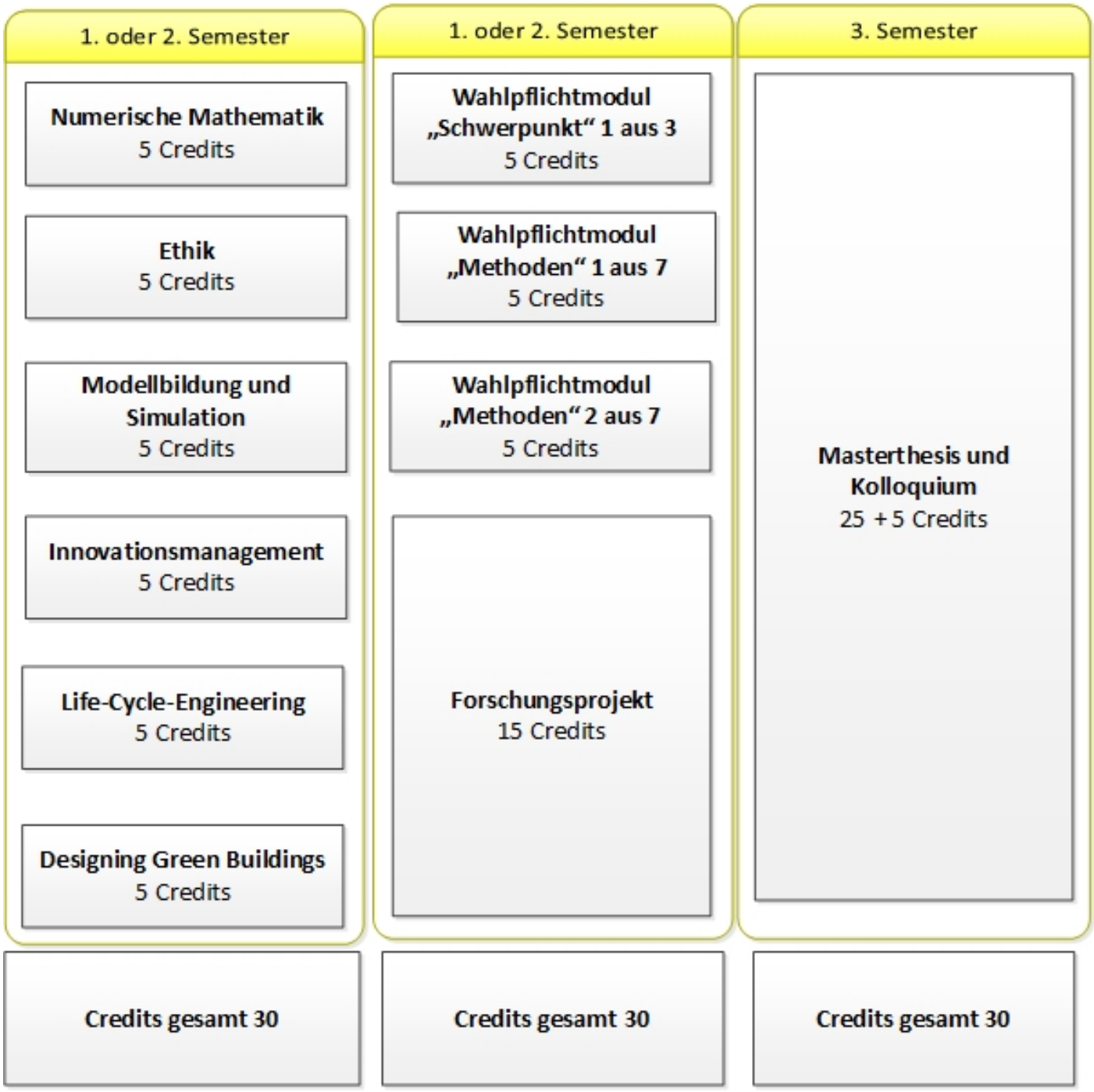
Um die Handlungsfelder verantwortungsvoll im Sinne unserer Gesellschaft und deren Bedarfe auszuführen, müssen Kompetenzen im Spannungsfeld der Nachhaltigkeit (Klimaschutz, Gesundheit, Technikakzeptanz) erworben und interdisziplinär und fachübergreifend mit Ingenieur*innen des Bauwesens, der Architektur, des Maschinenbaus und der erneuerbaren Energien unter Berücksichtigung ethischer Aspekte vermittelt werden.

Um innovative, wertschöpfende und nachhaltige Gebäude (Green Buildings) integral zu planen und bauen, zu betreiben, erhalten, sanieren und (dem sich wandelnden Klima) anzupassen, sowie zu bewerten und optimieren brauchen die Absolvent*innen

- persönliche und methodische Kompetenzen für eine integrale und interdisziplinäre Zusammenarbeit,
- methodische und fachlich-technische Kompetenzen zur Erarbeitung wissenschaftlicher Lösungskonzepte,
- reflektierte, digitale Gestaltungskompetenzen sowie
- moderne Führungs- und Managementkompetenzen.

4. Studienverlaufsplan

Studienverlaufsplan Masterstudiengang Green Building



Schwerpunktmodule Green Building Engineering	Vorgaben Schwerpunkte	Methoden Green Building Engineering
Life-Cycle-Engineering	*Pflicht*	Green Building Simulation
Designing Green Buildings		Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden
Green Building Environment (engl.)	*Wahl*	CFD- Computational Fluid Dynamics (engl.)
Green Building Envelops		Security Systems
Green Healthy Buildings		Informationsorientierte Gebäudeautomation
		Machine Learning
		X-Realities in der Industrie

Semester	M-Nummer	Modulbezeichnung	Credits
1. oder 2.			
	9M101	Numerische Mathematik/Numerische Lösungsmethoden	5
	9M103	Ethik	5
	9M104	Modellbildung und Simulation	5
	9M105	Innovationsmanagement	5
	9M301	Forschungsprojekt	15
	9M302	Masterthesis und Kolloquium	25 + 5
1. oder 2		***Schwerpunktmodule***	
	9M303	Life-Cycle-Engineering	5
	9M304	Designing Green Buildings	5
		Schwerpunktmodule 1 aus 3	
	9M305	Green Building Environment	5
	9M306	Green Buildings Envelops	5
	9M307	Green Healthy Buildings	5
1. oder 2.		***Wahlpflichtmodule Methoden 2 aus 7***	
	9M308	Green Building Simulation	5
	9M309	Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden	5
	9M332	CFD – Computational Fluid Dynamics	5
	9M310	Security Systems	5
	9M311	Informationsorientierte Gebäudeautomation	5
	9M116	Machine Learning	5
	9M115	X-Realities in der Industrie 4.0 – Augmented, Mixed & Virtual Reality	5

5. Alternativer Studienverlaufsplan

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

6. Modulmatrix

Modulmatrix Teil 1: Profil	Studiengang: Green Building Engineering											
Module / Lehrveranstaltungen	**Handlungsfelder / Anzahl Kreditpunkte**			**Zuordnung Kompetenzen Absolvent*innenprofil**				**Zuordnung Studiengangkriterien**			
Semester **Modul**	36	42	47								
	Planung und Gestaltung	**Betrieb, Sanierung, Klima-anpassung**	**Optimierung und Bewertung**	**Interdisziplinarität, integrale Kooperation**	**Wissenschaftlichkeit**	**Digitale Kompetenzen**	**Führungs- und Management-kompetenzen**	**Internationalisierung**	**Interdisziplinarität**	**Digitalisierung**	**Transfer**
1 oder 2	Numerische Mathematik / Numerische Lösungsmethoden		2	3		x	x			x	x	
	Ethik		3	2	x	x		x		x		x
	Modellbildung und Simulation	1	1	3	x	x	x			x	x	
	Innovation und Gesellschaft	3	1	1	x	x		x	x	x	x	x
	Forschungsprojekt	5	5	5	x	x	x		x	x	x	x
	Life-Cycle-Engineering	3	2		x		x	x		x	x	
	Designing Green Buildings	2	1	2	x	x	x	x		x	x	x
	Green Building Environment	2	1	2	x	x	x	x	x	x		x
	Green Building Envelops	2	2	1	x	x	x	x		x	x	x
	Green Healthy Buildings	1	2	2	x	x					x	x
	Green Building Simulation		2	3	x	x	x	x		x	x	x
	Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden	1	1	3	x	x	x			x		x
	CFD - Comutational Fluid Dynamics	2		3	x	x	x		x		x	
	Security Systems	2	2	1			x	x			x	x
	Informationsorientierte Gebäudeautomation	1	3	1	x	x	x				x	x
	Machine Learning		2	3	x	x	x				x	
	X-Realities	1	2	2	x	x	x			x	x	x
3	Masterthesis und Kolloquium	10	10	10	x	x	x	(x)	(x)	x	x	(x)

7. Prüfungslast

Modulmatrix Teil 2: Prüfungslast		Studiengang: Master Green Building Engineering			
Module / Lehrveranstaltungen		**Art**	**Anzahl**		**Summe**
Semester	**Modul**	**PF, WPF, WF**	**Prüfungs-leistungen insgesamt**	**Mindestanzahl WPF, WF**	**Prüfungen 18 oder 20**
1 oder 2 1 oder 2	Numerische Mathematik / Numerische Lösungsmethoden	PF	1		1
1 oder 2	Ethik	PF	2		2
1 oder 2	Modellbildung und Simulation	PF	2		2
1 oder 2	Innovation und Gesellschaft	PF	2		2
1 oder 2	Forschungsprojekt	PF	1		1
1 oder 2	Life-Cycle-Engineering	PF	2		2
1 oder 2	Designing Green Buildings	PF	2		2
1 oder 2	Green Building Environment	WPF	2	1	1 oder 2
1 oder 2	Green Healthy Buildings	WPF	1		
1 oder 2	Indoor Green Buildings	WPF	1		
1 oder 2	Green Building Simulation	WPF	2	2	3 oder 4
1 oder 2	Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden	WPF	2		
1 oder 2	CFD - Comutational Fluid Dynamics	WPF	2		
1 oder 2	Security Systems	WPF	2		
1 oder 2	Informationsorientierte Gebäudeautomation	WPF	2		
1 oder 2	Machine Learning	WPF	2		
1 oder 2	X-Realities	WPF	1		
3	Masterthesis und Kolloquium	PF	2		2

8. Module

8.1 Numerische Mathematik/Numerische Lösungsmethoden

Modulnummer:	9M101
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. 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 in Präsenz	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	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:	Master Maschinenbau, Master Verfahrenstechnik – Prozessintensivierung	
Letzte Aktualisierung:	April 2022	

8.2 Ethik

Modulnummer:	9M103
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. 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 bewusstwerden, 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:	Projektarbeit mit mündlichem Beitrag (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:	Master Maschinenbau
Letzte Aktualisierung:	April 2022

8.3 Modellbildung und Simulation

Modulnummer:	9M104
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.-Ing. Claudia Ziller
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Claudia Ziller und N.N
Learning Outcome:	Die Studierenden können ingenieurtechnische Fragestellungen formulieren, Ziele definieren, mit einem geeigneten Modell abbilden und Ergebnisse mit einem Simulationsverfahren berechnen und darstellen. Sie wählen ein geeignetes Simulationsverfahren, erkennen die Grenzen und Risiken und bewerten kontinuierlich, iterativ und kritisch die Ergebnisse mit Blick auf die Glaub- und Sinnhaftigkeit, um auch dann Antworten auf Fragestellungen zu bekommen, wenn Experimente und Messungen in der Realität zu langsam (Bevölkerungsentwicklungen), zu schnell (Explosionsverhalten), zu gefährlich (Crashtests), unmöglich (Urknall) oder schlicht teuer (Fabrikplanung) wären.
Modulinhalte:	• Definition von Simulationszielen • Einführung in die mathematische Modellierung (Begriffsbildung, Anwendungsbeispiele, Herleitung von Modellen, Analyse von Modellen, Klassifizierung von Modellen, Betrachtungsebenen und Hierarchie) • Modellierung und Simulation • Modellierung im Softwareentwurf (Konzepte, Beschreibungstechniken, Methodik) • Validierung von Ergebnissen
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesung, Projektarbeit in Kleingruppen
Prüfungsformen:	Projektarbeit und Open Book Ausarbeitung (Gewichtung wird zu Semesterbeginn bekanntgegeben)
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:	Master Maschinenbau
Letzte Aktualisierung:	April 2022

8.4 Innovationsmanagement

Modulnummer:	9M105
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. 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 Projektarbeit. Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung
Prüfungsformen:	Projektarbeit (50%), Mündlicher Beitrag (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:	Master Maschinenbau
Letzte Aktualisierung:	April 2022

8.5 Forschungsprojekt

Modulnummer:	9M301
Modulbezeichnung	Forschungsprojekt
Art des Moduls:	Pflichtmodul
ECTS credits:	15
Sprache:	Deutsch oder Englisch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M2
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester
Modulverantwortliche*r:	Persönliche/r Mentor*in (Professor*in)
Dozierende:	Alle Lehrenden des Studiengangs
Learning Outcome:	Die Studierenden sind in der Lage, eine komplexe Forschungsarbeit eigenständig zu analysieren und zu strukturieren, spezifische neue Lösungsansätze aus analogen Fragestellungen abzuleiten, zu entwerfen und zu prüfen. Sie entwickeln ein kritisches Bewusstsein und nehmen Stellung zu Anwendungsmöglichkeiten, Wirtschaftlichkeit sowie der Sozial- und Umweltverträglichkeit der erarbeiteten Lösung bzw. Methode. Sie können theoretische und experimentelle Methoden auf reale Aufgabenstellungen übertragen, diese Methoden weiterentwickeln und deren Ergebnisse kritisch hinterfragen und interpretieren. Sie verantworten sowohl die Vorgehensweise und Wissenschaftlichkeit ihrer Arbeit als auch die Zuverlässigkeit der Ergebnisse und die termingerechte Fertigstellung der Untersuchungen. Die Studierenden dokumentieren die Ergebnisse ihrer Forschungsarbeiten in Form eines White Papers. Ausdrückliches Ziel ist eine darauf aufbauende wissenschaftliche Veröffentlichung (Beitrag in einer Fachzeitschrift, Kongressbeitrag, etc.). In Kooperation mit dem Industriebeirat des TGA-Instituts je Semester eine Forschungskonferenz organisiert, auf welcher die Forschungsergebnisse der Studierenden präsentiert wird.
Modulinhalte:	Das Forschungsprojekt beinhaltet die selbstständige Bearbeitung einer einschlägigen ingenieurwissenschaftlichen Aufgabe aus den unten genannten Themengebieten des nachhaltigen Bauens mit Bezug zur Technischen Gebäudeausrüstung. 1 - TGA im nutzergerechten Gebäude (u. a. Ambient Assisted Living) 2 - Gebäudesystemtechnik 3 - Integrale Planung 4 - System Engineering 5 - Raumklima- und Klimafassadenkonzepte 6 - Projektmanagement in Bauprojekten 7 - Automations- und Regelungskonzepte 8 - Gesundheit und Komfort im Gebäude 9 - Artverwandte Gebiete
Lehr- und Lernmethoden:	Betreute, eigenständige Projekt- oder Teamprojektarbeit. Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Forschungsarbeiten und zur Vorbereitung der Beiträge auf Forschungskonferenzen..
Prüfungsformen:	Hausarbeit mit mündlichem Beitrag
Workload	450 Std./15 Credits
(30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	Coaching 40 Std Projektarbeit (in Forschungsgruppen) 300 Std. Verfassen einer wissenschaftlichen Veröffentlichung 110 Std.
Präsenzzeit:	40 Std.
Selbststudium:	410 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	Spezifisch, je nach Forschungsthema
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine
Letzte Aktualisierung:	April 2022

8.6 Masterthesis und Kolloquium

Modulnummer:	9M302
Art des Moduls:	Pflichtmodul
ECTS credits:	25 + 5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M3
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester
Modulverantwortliche*r:	Persönliche/r Mentor*in (Professor*in)
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 Masterthesis 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:	Hausarbeit mit mündlichem Beitrag
Workload (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	900 Std./30 Credits Projektarbeit 900 Std.
Präsenzzeit:	Keine
Selbststudium:	900 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	alle Module aus M1 und M2
Empfohlene Literatur:	Themenabhängige wissenschaftliche nationale und internationale Fachliteratur
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine
Letzte Aktualisierung:	April 2022

9. Schwerpunktemodule

9.1 Life-Cycle-Engineering

Modulnummer:	9M303	
Art des Moduls:	Pflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2	
Häufigkeit des Angebots:	Winter- oder Sommersemester (die konkrete Semesterzuordnung wird jährlich durch den Fakultätsrat bekannt gegeben)	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Niels Bartels	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Niels Bartels	
Learning Outcome:	Die Studierenden sind in der Lage eine ganzheitliche Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden durchzuführen und die Qualität dieser zu bewerten indem sie die elementaren Methoden zur Analyse komplexer Systeme wie die Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment) und die Lebenszykluskosten (Life Cycle Costing) anwenden und mittels dieser Methoden eine über alle Lebensphasen ausgerichtete Planung von Gebäuden hinsichtlich ihrer ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen Dimension simulieren um nachhaltige, energiesparende und ressourcenschonende Gebäude mit hoher Nutzungsqualität zu planen, zu konstruieren und zu bewerten und diese für einen langen Zeitraum aufrechtzuerhalten.	
Modulinhalte:	• Einsatz von Methoden zur Ökobilanzierung von Gebäuden • Lebenszykluskostenanalyse • Einsatz digitaler Prozesse bei der Lebenszyklusbetrachtung • Lebenszyklusbegleitende Objektdokumentation • Umgang mit Baukostengruppen (KG300, KG400 und KG 500) • Lebenszykluskosten in der Nachhaltigkeitsbewertung • Rechtliche Einordnung (GEG, Baukosten, Betriebskosten, Rückbau, etc.) • Integrale Planung von Gebäuden	
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesung und Projektarbeit	
Prüfungsformen:	Projektarbeit mit mündlichem Beitrag	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	In der Lehrveranstaltung wird jeweils eine aktuelle Literaturliste erarbeitet.	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	
Letzte Aktualisierung:	April 2022	

9.2 Designing Green Buildings

Modulnummer:	9M304	
Art des Moduls:	Pflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2	
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Michaela Lambertz	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Michaela Lambertz	
Learning Outcome:	Die Studierenden können ganzheitlich nachhaltige Konzepte für eine Sanierung im Bestand oder für einen Neubau, mit den Schwerpunkten Klima-, Ressourcenschutz und Kreislaufwirtschaft entwickeln. Sie stellen dar und erläutern, inwieweit sich die Aspekte der Effizienz, Konsistenz und Suffizienz in ihrem Entwurf niedergeschlagen haben.	
Modulinhalte:	Gemeinsam mit Studierenden der Architektur analysieren und dokumentieren die Studierenden das im Rahmen des Projektentwurfs zu bearbeitende (Bestands-)Gebäude hinsichtlich baulicher und energetische Mängel. Im Anschluss daran erarbeiten und bewerten sie verschiedene Konzept-Varianten und ermitteln den Dekarbonisierungspfad für das sanierte bzw. neu zu errichtende Gebäude. Sie stellen einen digitalen Gebäudepass (Material Passport) auf und erarbeiten ein Rückbaukonzept mit Aussagen zur Demontier- und Trennbarkeit sowie Wiederverwend- und Wiederverwertbarkeit des Gebäudes und seiner Komponenten. Sie können nach Abschluss des Studiums selbstständig bzw. als Mitglied eines Planungsteams einzelne Schritte und Teilaspekte im Team mit umfassendem Verständnis für den Gesamtzusammenhang und den hierfür notwendigen individuellen Beitrag erarbeiten. Sie können angepasste (Planungs- und Bau-) Prozesse gestalten, die die Besonderheiten einer ganzheitlich nachhaltigen Herangehensweise bedingen. Wichtige thematische Schwerpunkte sind: • Klimaneutrale Gebäude in Konstruktion und Betrieb, graue Energie, Baualtersklassen, Wärmeschutz, Anlagentechnik, materialbedingte Umweltwirkungen, zirkuläres Bauen • Effizienz, Konsistenz, Suffizienz	
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesung, Übung und Projektarbeit	
Prüfungsformen:	Projektarbeit mit mündlichem Beitrag	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar/Übung	50 Std.
	Projektarbeit	100 Std.
Präsenzzeit:	50 Std.	
Selbststudium:	100 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	In der Lehrveranstaltung wird jeweils eine aktuelle Literaturliste erarbeitet.	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Architektur	
Letzte Aktualisierung:	April 2022	

9.3 Green Building Environment

Modulnummer:	9M305
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	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. Pietro Di Biase
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Pietro Di Biase
Learning Outcome:	Die Studierenden können sowohl übliche als auch innovative Bauteile und Bauweisen im Hinblick auf die Schallbelastung durch Außenlärm und instationärer Feuchtebelastung aus Umwelteinflüssen analysieren, bewerten und Gebäude planen, indem sie einen Projektentwurf entwickeln und die umweltspezifischen Einflüsse evaluieren um Stadtquartiere so zu konzipieren, dass gesundheitsschädigende Einflüsse auf den Menschen minimiert oder beseitigt werden um besonders nachhaltige und gesunde Bauprojekte zu ermöglichen.

Modulinhalte:	• Einsatz innovativer Baustoffe und Bauarten
	• Einführung in neue und innovative Bauweisen
	• Rechtliche Einordnung (Bauproduktenverordnung, MVVTB, etc.)
	• Bauakustische Simulation
	  o Schallimmissionsschutz
	  o Einführung von Verordnungen und Normungen
	• Hygrothermische Simulation
	  o Instationäres Verhalten von bewitterten und durchfeuchteten Bauteilen (siehe Flutkatastrophen)
	  o Einführung in den kapillaren Feuchtetransport in Bauteilen
	  o Einfluss sorptiver Aufnahmefähigkeit für ausfallende Feuchte

Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesung, Übung und Projektarbeit
Prüfungsformen:	Projektarbeit mit mündlichem Beitrag
Workload (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Übung 30 Std. Projektarbeit 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	In der Lehrveranstaltung wird jeweils eine aktuelle Literaturliste erarbeitet.
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine
Letzte Aktualisierung:	April 2022

9.4 Green Buildings Envelops

Modulnummer:	9M306	
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2	
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Claudia Ziller	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Claudia Ziller, Prof. Eva-Maria Pape, Prof. Dr.-Ing. Pietro Di Biase	
Learning Outcome:	Die Studierenden arbeiten in Gruppen gemeinschaftlich und integral an einem Fassadenentwurf mit Studierenden aus der F05 – Architektur. Sie können eine komplexe Fassade unter Berücksichtigung der Aspekte der Energieeffizienz, Behaglichkeit und Ressourcenschonung bewerten, um im Berufsleben in Bezug auf die Gebäudehülle als elementaren Baustein für die Energieeffizienz eines Gebäudes eine nachhaltige Lösung entwickeln zu können.	
Modulinhalte:	In seminaristischem Unterricht werden komplexe Fassadenkonstruktionen untersucht und anhand von gebauten Beispielen analysiert. Auf Basis eines Projektentwurfs der Architekt*innen werden unterschiedliche Aspekte untersucht. Bei der Entwicklung der Fassade ist über den Aspekt der Ressourcenschonung hinaus zu beachten, dass die Fassade mit adaptiven Systemen auf wechselnde Bedingungen reagieren kann, um so den jeweils maximalen Komfort (sommerlicher Wärmeschutz, thermischer Komfort, Tageslicht, visuelle und akustische Behaglichkeit) zu gewährleisten. In die Fassade können dezentralen TGA-Elemente integriert werden. Im Konzept soll zudem die Materialwahl analysiert werden. Zur Überprüfung der Energieeffizienz und Behaglichkeit werden Tools zur dynamischen Gebäudesimulation angewendet. Es sollen Antworten auf die Anforderungen der Instandhaltung und Wartung der Fassaden gefunden werden.	
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesungen und seminaristischem Unterricht sowie fakultätsübergreifende Gruppenarbeit	
Prüfungsformen:	Projektarbeit mit mündlichem Beitrag	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	In der Lehrveranstaltung wird jeweils eine aktuelle Literaturliste erarbeitet.	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Architektur	
Letzte Aktualisierung:	April 2022	

9.5 Green Healthy Buildings

Modulnummer:	9M307	
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2	
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. rer. physiol. Nina Kloster	
Dozierende:	Prof. Dr. rer. physiol. Nina Kloster, Dr. Karin Komsic-Buchmann	
Learning Outcome:	Die Studierenden können Innenräume im Hinblick auf die gesundheitlichen Aspekte untersuchen, analysieren und Optimierungsstrategien entwickeln, in dem sie mithilfe ihrer Kenntnisse und mobiler Messtechnik Raumparameter erfassen, anhand der a. a. R. d. T. Raumkonzepte erarbeiten und darüber hinaus im Rahmen eines Forschungsprojektes einen Aspekt ihrer Arbeit tiefergehend erörtern, um die Lebensqualität des Menschen zu steigern.	
Modulinhalte:	Die Gesundheit und das Wohlbefinden werden von vielfältigen Aspekten beeinflusst. So kann beispielsweise die Beleuchtung, die Akustik, die Luft- und Wasserqualität, das Mikrobiom, die Raumstrukturen und -gestaltung auf die Physis und Psyche des Menschen einwirken. Im dem projektbasiertem Modul befassen wir uns zu Beginn mit den technischen Möglichkeiten Innenräume zu bewerten und zu optimieren. Im zweiten Modulabschnitt arbeiten wir im Rahmen von Gruppenarbeiten an zukunftsweisenden Lösungen, den Innenraum gesünder und grüner zu gestalten, welche wir im letzten Abschnitt mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft reflektieren. Die Forschungsinfrastrukturen und das Partnernetzwerk stellt das GreenING Lab zur Verfügung.	
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesungen und seminaristischer Unterricht, Projektarbeit	
Prüfungsformen:	Mündlicher Beitrag	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	In der Lehrveranstaltung wird jeweils eine aktuelle Literaturliste erarbeitet.	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine	
Letzte Aktualisierung:	April 2022	

10. Wahlpflichtmodule Methoden

10.1 Green Building Simulation

Modulnummer:	9M308	
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2	
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Henne	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Henne, Prof. Eva-Maria Pape	
Learning Outcome:	Die Studierenden arbeiten in Gruppen gemeinschaftlich an einem konkreten Projekt mit Studierenden aus der F05 – Master Architektur. Sie erstellen selbstständig Simulationen zur Ermittlung des Gebäudekomforts sowie der Nutzenergie (ohne TGA-Anlagentechnik) und entwickeln das GBS-Tool, auf Basis der DIN EN 18599, weiter zur Ermittlung der Endenergie (mit TGA-Anlagentechnik) weiter. Abschließend erfolgt, ebenfalls über GBS, eine vergleichende Beurteilung unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit.	
Modulinhalte:	Aufgabenstellungen variieren jährlich unter den Aspekten Energie, Gesundheit und Komfort in Green Buildings. Dabei stehen durch Anwendung des GBS-Tools unterschiedliche Simulationen zur Verfügung: Nutzenergie (H-K-S-E), Jahresdauerlinien für BHKW-Auslegung, Nachtabsenkung, Sensitivitätsanaylse (U-Werte, Bauschwere), PCM-Phase Change Materials, Geothermie (insb. Sondenbohrungen), Photovoltaik (Ertragsprognosen unter Verschattungsszenarien), Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-02, Temperaturentwicklung, Verschattungssimulation, CO2-Entwicklung im Raum, Feinstaubentwicklung im Raum, Feinstaubdeposition im Mensch, Building Performance, RLT Prozessdarstellung im h,X-Diagramm, Endenergie nach DIN EN 18599, TGA-Systemsimulation uvm. Im seminaristischen Unterricht werden die Themen vorgestellt und die Studierenden entwickeln unter den Rahmenbedingungen, Gesetzgebungen, Normen, Berechnungsgrundlagen sowie Qualitätssicherungsverfahren einen Lösungsansatz (für Neubauten oder Revitalisierung von Gebäuden). Als Werkzeug findet das vorher genannte Simulationstool (validierte Eigenentwicklung) GBS Anwendung. Es kommen aber auch weitere Tools zur energetischen Gebäudeanalyse zum Einsatz: Energieberatersoftware für Wohn- und Nichtwohngebäude sowie Thermografie- und Blower Door Messungen.	
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesungen und seminaristischer Unterricht sowie fakultätsübergreifende Gruppenarbeit	
Prüfungsformen:	Projektarbeit mit mündlichem Beitrag	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	In der Lehrveranstaltung wird jeweils eine aktuelle Literaturliste erarbeitet.	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Architektur	
Letzte Aktualisierung:	April 2022	

10.2 Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden

Modulnummer:	9M309	
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. Michaela Lambertz	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Michaela Lambertz	
Learning Outcome:	Die Studierenden können die wesentlichen internationalen Zertifizierungsverfahren für nachhaltiges Bauen wie LEED, BREEAM und DGNB einsetzen und können sie hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Ansätze bezüglich ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit analysieren. Sie können die Auswirkungen auf den Planungs- und Bauprozess beurteilen, die Umweltwirkungen von Bauteilen, Gebäudetechnik und ganzen Gebäuden anhand von Ökobilanzen untersuchen und optimieren und kennen die Bedeutung des zirkulären Bauens, der Circular Economy für die Bau- und Immobilienwirtschaft, das Bauwesen und die Gebäudetechnik. Sie können Gebäudekonstruktionen und Gebäudetechnik hinsichtlich ihrer Kreislauffähigkeit beurteilen und sind in der Lage Planungsalternativen ökonomisch mit Hilfe von Lebenszykluskostenberechnungen zu bewerten und zu optimieren. Sie betrachten die Umweltverträglichkeit von Bauprodukten kritisch und können digitale Verfahren im Sinne von Nachhaltigem Bauen beispielhaft einsetzen.	
Modulinhalte:	Vorstellung der relevanten nationalen und internationalen Green Building Bewertungssysteme (Schwerpunkte DGNB, BNB, LEED, BREEAM, WELL): - Systemaufbau und dessen Anforderungen - Inhalte, Verfahren - Anforderungsprofil Green Building - Darstellung des Zertifizierungsprozesses - Beispielhafte Nachweisführung • Ökologische Bewertung von Gebäude und Technik mit Hilfe von Gebäudeökobilanzen • Ökonomische Bewertung von Gebäude und Technik mit Hilfe von Lebenszykluskostenberechnungen • Digitales Bauen und Zertifizierung • Risikostoffe, Umweltproduktdeklarationen (EPDs) • Zirkuläres Bauen; Cradle to Cradle Konzepte und Circular Economy	
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesung, Seminar, Projekt, Exkursion	
Prüfungsformen:	eKlausur (50 %); mündlicher Beitrag (50 %)	
Workload	150 Std./5 Credits	
(30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	Vorlesung/Seminar	30 Std.
	Projektarbeit	110 Std.
	Exkursion	10 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	keine	
Empfohlene Literatur:	Mösle, Lambertz, Altenschmidt, Ingenhoven: Praxishandbuch Green Building – Recht, Technik, Architektur	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	WPF Master Bauingenieurwesen	
Letzte Aktualisierung:	April 2022	

10.3 CFD – Computational Fluid Dynamics

Modulnummer:	9M332
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Englisch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M2
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Claudia Ziller
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Claudia Ziller und Mitarbeiter*innen
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 ein Softwaretool einsetzen, um Strömungsgeometrien und Netze zu erzeugen, geeignete numerische Lösungsmethoden und Modelle anwenden und die Ergebnisse visualisieren und validieren, um reale Strömungsvorgänge sowohl in technischen als auch wissenschaftlichen Themenbereichen zur Optimierung und Analyse numerisch simulieren zu können.
Modulinhalte:	• Grundlagen CFD: Aufbau und Möglichkeiten numerischer Strömungssimulation • Navier-Stokes-Gleichungen • Mathematische Modellbildung: Diskretisierungsmethoden, Finite-Volumen • Numerische Lösungsmethoden, Konvergenzkriterien, Randbedingungen • Netze und Gitter • Turbulenzmodelle und Wandfunktionen • 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. In Übungen/Rechnerpraktikum wird die Bedienung des Softwarepakets gelernt. Die selbstständige Bearbeitung eines eigenen Projektes erfolgt in Kleinstgruppen; dazu gehört die Definition des Projektziels innerhalb des vorgegebenen Rahmens, die Durchführung der CFD-Simulationen, die Erstellung eines Posters oder Berichts und die Ergebnispräsentation. Wöchentliche Reflexion des Projektfortschritts mit den Dozenten werden angeboten. Materialien zur Vor- und Nachbereitung (Vorlesungsmaterial, Übungsbeispiele, Vorgaben Projektarbeit) sind online in ILIAS verfügbar.
Prüfungsformen:	Open Book Ausarbeitung (50%), Projektarbeit (50%)
Workload (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung 30 Std. Übung / Praktikum 15 Std. Projektarbeit 75 Std. Vor- und Nachbereitung 30 Std.
Präsenzzeit:	45 Std.
Selbststudium:	105 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Modul „Modellbildung und Simulation”, Semester M1
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
Letzte Aktualisierung:	April 2022

10.4 Security Systems

Modulnummer:	9M310	
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. rer. biol. hum. Jörg Reintsema	
Dozierende:	Prof. Dr. rer. biol. hum. Jörg Reintsema	
Learning Outcome:	Die Studierenden können verschiedene Verfahren zur Planung und Bemessung von sicherheittechnische System in Gebäuden anwenden. Sie können verschiedenen sicherheitstechnischen Maßnahmen umgehen und ihre Grenzen aufzeigen. Diese können sie auch im Zusammenhang mit anderen Gewerken beurteilen und bewerten. Sie verstehen den Umgang mit verschiedenen brandschutz- und sicherheittechnischen Maßnahmen und können diese auch im Zusammenhang mit bauaufsichtlichen Vorschriften bewerten.	
Modulinhalte:	Aufbau der Gebäudesicherheit mit • Sicherheitsstromversorgung, • Intrusionsmeldetechnik, Videoüberwachung Aufbau von Brandschutzmaßnahmen • Wärmebilanzen und Wärmeabführung • ganzheitlichen Steuermatrizen zu Branddetektion, Lüftung, Entrauchung, Aufzügen, Türen etc.	
Lehr- und Lernmethoden:	Impulsvorlesung, seminaristischer Unterricht, Übung, Gruppenarbeit, projektbasierte Lehre	
Prüfungsformen:	Projektarbeit und Open Book Ausarbeitung (Gewichtung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben)	
Workload (30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits Vorlesung/Seminar Projektarbeit	 30 Std. 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.	
Selbststudium:	120 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	keine	
Empfohlene Literatur:	In der Lehrveranstaltung wird jeweils eine aktuelle Literaturliste erarbeitet.	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:		
Letzte Aktualisierung:	April 2022	

10.5 Informationsorientierte Gebäudeautomation

Modulnummer:	9M311
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M2
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Jochen Müller
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Jochen Müller und Mitarbeiter*innen
Learning Outcome:	Die Studierenden erweitern ihr grundlegendes Verständnis im Umgang mit verbreiteten Technologien der informationsorientierten Automatisierungstechnik und können diese im Rahmen der Gebäudeautomation anwenden. Die Studierenden analysieren den Informationshaushalt der technischen Gebäudeausrüstung unter dem Blickwinkel verschiedener Anwendungsszenarien der Gebäudeautomation und des Technischen Gebäudemanagements, entwerfen und bewerten Lösungen zur Übertragung und Integration von Informationen in diese Anwendungen.

Modulinhalte:	• Grundlegende Beschreibungsmittel der Informatik zur Modellierung und Darstellung von Informationen
	• technologische Eigenschaften und Funktionalitäten von Kommunikations- und Schnittstellentechnologien im Umfeld von IoT und Industrie 4.0
	• Projektarbeit: Entwurf und Implementierung eines Asset-Monitorings
	  • Hersteller- und typübergreifende Informationsmodellierung von Assets
	  • Entwurf / Etablierung der Kommunikation von Asset-Informationen via OPC-UA
	  • Entwicklung eines Dashboards zur Darstellung von Asset-Informationen

Lehr- und Lernmethoden:	Methodenmix aus Impulsvorlesungen und seminaristischem Unterricht sowie einer Projektarbeit. Betreute, eigenständige Projekt- oder Teamprojektarbeit. Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Forschungsarbeiten.
Prüfungsformen:	Projektarbeit (50%), Mündlicher Beitrag (50%)
Workload	150 Std./5 Credits
(30 Std. ≙ 1 ECTS credit):	Impulsvorlesungen und seminaristischem Unterricht: 30 Std. Projektarbeit: 120 Std.
Präsenzzeit:	30 Std.
Selbststudium:	120 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	Oestereich: Analyse und Design mit der UML 2.5 – Objektorientierte Softwareentwicklung von Bernd Vonhoegen: Einstieg in XML: Grundlagen, Praxis, Referenz Mahnke, Leitner, Damm: OPC Unified Architecture
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine
Letzte Aktualisierung:	April 2022

10.6 Machine Learning

Modulnummer:	9M116
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M2
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Mohedienne Jelali
Dozierende:	Dr.-Ing. Loui Al Shrouf
Learning Outcome:	Die Studierenden können Machine Learning-Methoden implementieren 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 Projektarbeit; Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung
Prüfungsformen:	Projektarbeit (60%), Mündlicher Beitrag (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:	Master Maschinenbau
Letzte Aktualisierung:	April 2022

10.7 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- und 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 Projektarbeit. Fortlaufendes Coaching & Beratung während der Projektdurchführung
Prüfungsformen:	Projektarbeit
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:	Master Maschinenbau
Letzte Aktualisierung:	April 2022

Impressum:

TH Köln
Gustav-Heinemann-Ufer 54
50968 Köln

www.th-koeln.de