Hochschule
München
University of
Applied Sciences

Masterstudiengang Computational Engineering TBM

(Technische Berechnung und Simulation)

MODULHANDBUCH mit STUDIENPLAN

Stand: 11.07.2025

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Hinweise 3
2 Studienziele 4
3 Studienplan 6
3.1 Studienablauf 6
3.2 Übersicht über die Module und Prüfungsleistungen 8
3.3 Regelungen zum Studienplan 9
4 Ziele-Module-Matrix 11
5 Modulbeschreibungen 12
5.1 Pflichtmodule 12
TBM 1.1a Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik 12
TBM 1.2a Management von Unternehmen, Projekten und Wissen 14
TBM 1.3 Numerische Methoden 16
TBM 1.4 Strukturanalyse 18
TBM 1.5 Fatigue & Fracture (Ermüdungsfestigkeit) 20
TBM 3 Masterarbeit 22
5.2 Wahlpflichtmodule 24
TBM 2.1 Angewandte Methoden der Optimierung 24
TBM 2.2 Programmierung von CAx-Systemen 26
TBM 2.3 Faserverbundstrukturen 28
TBM 2.4 Strukturdynamik 30
TBM 2.5 Numerische Strömungsmechanik CFD 32
TBM 2.6 Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen 34
FEM 1.7 Fortgeschrittene Methoden der Regelungstechnik 37
FEM 1.9 Mehrkörpersysteme 39
MBM 2.5 Wärme- und Stoffübertragung 42
MBM 2.8 Projektarbeit 44
MBM 2.9 Applied Machine Learning and Deep Learning 46
FAM 3.1 Crash-Simulation von Fahrzeugstrukturen 48
LRM 2.1 Aeroelastik 50
6 Masterarbeit 52

1 Allgemeine Hinweise

Für alle Studierenden, die nach dem SoSe2020 ihr Studium im Masterstudiengang Computational Engineering aufnehmen, gelten die Studien- und Prüfungsordnungen (SPO) auf Basis der Allgemeinen Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule München (ASPO). Für die bisherigen Studien- und Prüfungsordnungen gilt die Allgemeine Prüfungsordnung (APO). Es ist jene SPO-Version während des gesamten Studiums gültig, die bei Studienbeginn zugeordnet wurde.

Zur Sicherstellung des Lehrangebotes und zur Information der Studierenden steht der nachfolgende Studienplan zur Verfügung, der nicht Teil der jeweiligen SPO ist und aus dem sich der Ablauf des Studiums im Einzelnen ergibt.

Es gelten die Bestimmungen der auf der Seite Verordnungen und Satzungen (https://www.hm.edu/studierende/mein_studium/recht/verordnungen_satzungen.de.html) veröffentlichten

- Allgemeinen Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule für Angewandte Wissenschaften München (ASPO)
- aktuellen Studien- und Prüfungsordnung für den Bachelorstudiengang (SPO).

Der Studiengang kann im Voll- oder Teilzeitstudium belegt werden. Für das Teilzeitstudium gelten, abgesehen von den Fristen für Prüfungen, Bearbeitungsfrist Masterarbeit und Studiendauer, die gleichen Regelungen zu den möglichen Fächerfolgen, Prüfungen und Fächerauswahlbedingungen wie im Vollzeitstudium.
Studierende können insgesamt einmal zum Semesterende mit schriftlichem Antrag vom Vollzeitstudium in das Teilzeitstudium (oder umgekehrt) wechseln und gelten dann für das gesamte Masterstudium als Studierende des Teilzeitstudiums (bzw. Vollzeitstudiums). Bei den Fristen für die Ablegung der Masterprüfung und für das Nichtbestehen bei Fristüberschreitung werden die bereits absolvierten theoretischen Studiensemester des Vollzeitstudiums auf die fünf theoretischen Studiensemester des Teilzeitstudiums angerechnet. Ergebnisse aus Prüfungsleistungen im Vollzeitstudium werden ins Teilzeitstudium übertragen. Im Teilzeitstudium werden statt fünf nur drei Module je Semester belegt.

Die im Studienplan festgelegte Prüfungsform gilt sowohl für Erst- als auch Wiederholungsprüfungen.

2 Studienziele

Moderne Produktentwicklung erfolgt mit steigendem Einsatz virtueller, d.h. rechnerunterstützter Methoden. Der Vision in der Industrie, erste Entwürfe bereits perfekt gestalten zu können, kann nur mit dem umfassenden Einsatz von rechnerischen Verfahren nahegekommen werden. In den Phasen der Produktentwicklung, in denen noch keine physikalischen Prototypen für Tests verfügbar sind, stellt die rechnerische Simulation die einzige Möglichkeit zur Ermittlung von Eigenschaften, Optimierung und Durchführung von Funktionsnachweisen dar.

Zur Bewältigung dieser Aufgabe ist die Verfügbarkeit einer ausreichenden Zahl von gut ausgebildeten Ingenieurinnen und Ingenieuren notwendig. Immer wichtiger werden Fachleute, die komplexe Berechnungen und Simulation professionell, sicher und zuverlässig durchführen können. Voraussetzung dafür sind Kenntnisse in mehreren Ingenieurdisziplinen. Genau dies ist Kern der Ausbildung im Masterstudiengang Computational Engineering (Computational Engineering). Mit diesem Studiengang sollen Absolventinnen und Absolventen für das weite Berufsfeld der technischen Berechnung und Simulation, dem Computational Engineering qualifiziert werden.

Durch eine Verknüpfung wissenschaftlicher Methoden und Werkzeuge aus den Bereichen Mathematik, numerische Methoden, Technische Mechanik, Modellbildung und Simulation sowie Informatik verbunden mit einer systemtechnischen Betrachtungsweise wird die Kompetenz zur verantwortlichen Lösung anspruchsvoller Aufgaben im ingenieurwissenschaftlichen Bereich erweitert. In dem Masterstudiengang wird besonderer Wert auf eine sorgfältige und wissenschaftlich fundierte Arbeitsweise gelegt. Durch praktische Anteile in den Lehrveranstaltungen, durch selbstständig oder in Gruppenarbeit durchgeführte Projekte sowie durch fachübergreifende Projektarbeiten wird die Fähigkeit zur organisatorischen Bewältigung komplexer Aufgaben weiterentwickelt und der Anwendungsbezug sichergestellt.

Dies umfasst die Analyse der jeweiligen Aufgabenstellung, sowie den Entwurf, die Auswahl und die Realisierung geeigneter Lösungen. Dazu gehört insbesondere die Fähigkeit, Unschärfen der gewählten Modelle und Berechnungsalgorithmen sowie daraus resultierende Abweichungen der Ergebnisse von realen Werten, beurteilen und einschätzen, sowie die Berechnungsergebnisse im Hinblick auf die Auslegung und Gestaltung, die Funktionsabsicherung oder die Qualifizierung der untersuchten Strukturen interpretieren zu können, ferner das Bilden von Rückschlüssen und Ableiten konstruktiver Maßnahmen. Dabei können für die Anwendung nützliche wissenschaftliche Methoden entwickelt und aktuelle Forschungsergebnisse mit einbezogen werden.

Neben den vorgenannten Studienzielen sollen den Absolventinnen und Absolventen des Masterstudienganges folgende Kompetenzen vermittelt werden:

Methodische Kompetenzen: Fähigkeit zur Beschaffung und Auswertung von Informationen, zum selbstständigen, abstrakten, systematischen und modellbasierten Denken, zur eigenständigen Analyse und Bearbeitung komplexer Aufgabenstellungen, zur Bewertung von Lösungen, und deren zielgerichtete Umsetzung, zur richtigen Auswahl und Anwendung der fachspezifischen Methoden der rechnergestützten Simulation der Produktentwicklung, Produktqualifikation oder in der Wissenschaft zur Auswahl und dem Einsatz rechnerunterstützter Verfahren auch aus Sicht unternehmerischer und methodischer Aspekte in verschiedenen Phasen des Produktentwicklungsprozesses und unter Berücksichtigung des Wissensmanagements im Unternehmen.

Fachliche Kompetenzen: Vertieftes Verständnis der mathematischen, numerischen und naturwissenschaftlichen Grundlagen; Vertiefung der wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden in den Gebieten Finite-Elemente-Methoden für statische und dynamischen Aufgabenstellungen, numerischer Strömungsmechanik, Mehrkörperdynamik, Beurteilung und Berechnung von Ermüdungs- und Bruchvorgängen, Optimierung, Verbundwerkstoffe, Automatisierung von rechnerunterstützter Entwicklung, Konzeptentwicklung von mechanischen Strukturen; Fähigkeit, die im Laufe des Studiums erworbenen wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden in einer interdisziplinären Herangehensweise auf technische Aufgabenstellungen anwenden, diese durch Modelle abbilden, darauf geeignete Simulationsmethoden und -werkzeuge anwenden und die Ergebnisse kritische bewerten zu können.

Fachübergreifende Kompetenzen: Fähigkeit zur Teamarbeit und -kommunikation, zu fremdsprachlicher Kompetenz und interkulturellem Verständnis, zum Delegieren von Aufgaben, Führen von Arbeitsgruppen und Leiten von Projekten sowie zur Präsentation und Diskussion von Ergebnissen und Lösungen.

Das Studium bereitet auf anspruchsvolle Tätigkeiten, auch im sicherheitsrelevanten Bereich, und einen schnellen Einstieg in Führungsverantwortung im technischen Bereich, insbesondere in international operierenden Wirtschaftsunternehmen, vor.

3 Studienplan

3.1 Studienablauf

Der Masterstudiengang Computational Engineering bietet umfassende Wahlmöglichkeiten mit oder ohne Wahl einer von vier Vertiefungsrichtungen (VT). Werden alle Module einer Vertiefungsrichtung gewählt, wird diese Vertiefungsrichtung in das Zeugnis eingetragen.

Bei der Gestaltung des Studienablaufs und der Wahl der Vertiefungsrichtungen und Wahlpflichtmodule ist der Turnus der Module zu berücksichtigen (SoSe und WiSe, nur SoSe, nur WiSe, siehe Abschnitt 3.2). Da die Pflichtmodule TBM 1.1a und TBM 1.2a im Stundenplan nicht sicher überlappungsfrei angeboten werden können, sollte TBM 1.1a im 1. Semester und TBM 1.2a im zweiten Semester belegt werden.

Beispiel 1 für den Studienablauf mit Start zum Wintersemester und der Vertiefungsrichtung I „Strukturintegrität“:

Semester	Modulnr.	Modulbezeichnung	SWS	Leistungs-punkte	Summe Leistungs-punkte
1	TBM 1.1a	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik	6	7	31
	TBM 1.3	Numerische Methoden	4	6	
	TBM 1.5	Fatigue & Fracture	4	6	
	TBM 2.2	Faserverbundstrukturen (VT I)	4	6	
		ein Modul aus der Modulgruppe TBM 2	4	6	
2	TBM 1.2a	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen	4	5	29
	TBM 1.4	Strukturanalyse	4	6	
	TBM 2.6	Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen (VT I)	4	6	
	FAM 3.1	Impact Simulation of Vehicle Structures (VT I)	4	6	
		ein Modul aus der Modulgruppe TBM 2	4	6	
3	TBM 3	Masterarbeit	---	30	30

Beispiel 2 für den Studienablauf mit Start zum Sommersemester ohne Vertiefungsrichtung:

Semester	Modulnr.	Modulbezeichnung	SWS	Leistungs-punkte	Summe Leistungs-punkte
1	TBM 1.1a	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik	6	7	31
	TBM 1.4	Strukturanalyse	4	6	
	TBM 1.5	Fatigue & Fracture	4	6	
		zwei Module aus der Modulgruppe TBM 2	8	12	
2	TBM 1.2a	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen	4	5	29
	TBM 1.3	Numerische Methoden	4	6	
		drei Module aus der Modulgruppe TBM 2	12	18	
3	TBM 3	Masterarbeit	---	30	30

3.2 Übersicht über die Module und Prüfungsleistungen

Modulnr.	Modulbezeichnung	Unterrichtssprache	WiSe	SoSe	VT	SWS	Leistungs-punkte	Art der Lehrver-anstaltung	Prüfungsform und Bearbeitungsdauer
TBM 1	**Modulgruppe Pflichtmodule**								
TBM 1.1a	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik	Deutsch	X	X	-	6	7	SU	schrP (90 Min.) [1]
TBM 1.2a	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen	Deutsch	X	X	-	4	5	SU	schrP (90 Min.)
TBM 1.3	Numerische Methoden	Deutsch	X		-	4	6	SU/Ü	StA (60 Std.)
TBM 1.4	Strukturanalyse	Deutsch		X	-	4	6	SU/Pra	schrP (90 Min.)
TBM 1.5	Fatigue & Fracture (englischsprachig)	Englisch	X	X	-	4	6	SU	schrP (90 Min.)
TBM 2	**Modulgruppe Wahlpflichtmodule 2 (Module zur fachlichen Vertiefung)**								
TBM 2.1	Angewandte Methoden der Optimierung	Deutsch		X	IV	4	6	SU/Pra	schrP (60 Min.)
TBM 2.2	Programmierung von CAx-Systemen	Deutsch		X	IV	4	6	SU/Ü	schrP (90 Min.)
TBM 2.3	Faserverbundstrukturen	Deutsch	X		I	4	6	SU/Ü	StA (60 Std.)
TBM 2.4	Strukturdynamik	Deutsch		X	II	4	6	SU	StA (60 Std.)
TBM 2.5	Numerische Strömungsmechanik CFD	Deutsch/Englisch	X		III	4	6	SU/Ü	StA (90 Std.)
TBM 2.6	Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen	Deutsch		X	I	4	6	SU/Ü	StA (90 Std.)
FEM 1.7	Fortgeschrittene Methoden der Regelungstechnik	Deutsch	X		II	4	6	SU/Ü	schrP (90 Min.)
FEM 1.9	Mehrkörpersysteme	Deutsch	X		II	4	6	SU/Ü	schrP (210 Min.)
MBM 2.5	Wärme- und Stoffübertragung	Deutsch		X	III	4	6	SU	schrP (90 Min.)
MBM 2.8	Projektarbeit	Deutsch/ Englisch	X	X	-	4	6	Proj	PA, Kol (15/15)
MBM 2.9	Applied Machine Learning and Deep Learning	Englisch		X	IV	4	6	SU/Ü	StA (60 Std.)
FAM 3.1	Impact simulation of vehicle structures (englischsprachig)	Englisch		X	I	4	6	SU/Ü/Pra	StA (60 Std.)
LRM 2.1	Aeroelastik	Deutsch/ Englisch	X		III	4	6	SU	schrP (90 Min.)
TBM 2.7	Externes Wahlpflichtmodul I		X	X	-		6	SU/Ü/Pra/Proj	
TBM 2.8	Externes Wahlpflichtmodul II		X	X	-		6	SU/Ü/Pra/Proj	
TBM 3	**Masterarbeit**						**30**		**MA und Kol-MA**

[1] Zulassungsvoraussetzung zur Prüfung im Modul TBM 1.1a: erfolgreiches Ablegen des Testats Numerik
[2] Zulassungsvoraussetzung zur Prüfung im Modul TBM 2.6: 4 Teilnahmenachweise

3.3 Regelungen zum Studienplan

TBM 1.1a (im ersten Studiensemester zu belegen)

Zulassungsvoraussetzung für die Teilnahme an der schriftlichen Prüfung ist das erfolgreiche Ablegen eines Testates. Dieses beinhaltet die Bearbeitung und umfassende Dokumentation mehrerer Übungsaufgaben aus dem Bereich der Numerik (z. B. Programmieraufgaben). Art und Anzahl der Übungsaufgaben sowie die Bearbeitungsdauer und der Abgabetermin werden von der jeweiligen Dozentin/dem jeweiligen Dozenten festgelegt. Diese/dieser entscheidet auch, ob das Testat als Einzelarbeit oder in Form einer Kleingruppenarbeit von zwei bis vier Studierenden angefertigt wird. In letzterem Falle muss die individuelle Leistung jedes Gruppenmitgliedes eindeutig erkennbar und bewertbar sein. Die Erteilung des Prädikates „mit Erfolg abgelegt“ (m. E. a.) ist Voraussetzung für das Bestehen der Masterprüfung. Nähere Informationen zu z.B. Art und Anzahl der Übungsaufgaben sowie zur Bearbeitungsdauer und zum Abgabetermin werden von der jeweiligen Dozentin/dem jeweiligen Dozenten zu Semesterbeginn festgelegt und bekannt gegeben.

TBM 2

Aus der Modulgruppe TBM 2 müssen fünf Wahlpflichtmodule gewählt werden. Die Aufteilung der Module auf Winter- und Sommersemester kann den Modulbeschreibungen entnommen werden. Wahlpflichtmodule werden, wenn nicht anders angegeben, in der Regel jedoch nur einmal jährlich angeboten. Weitere Wahlpflichtmodule können nach Belegung der ersten fünf als freiwillige Wahlmodule belegt werden.
Kommt ein Modul nicht zustande, so kann der Studierende aus dem Katalog der zustande kommenden Module nachwählen.

TBM 2.6

Im Modul Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen werden externe Referenten eingeladen, die zu speziellen Themen referieren, deren Inhalte Lehrbüchern nicht entnommen werden können. Um die Wichtigkeit der Präsenz zum Erlangen dieser Kenntnisse zu unterstreichen, können, da ansonsten die Qualifikationsziele dieses Modules durch die Studierenden nicht erreicht werden können, für maximal vier Lehrveranstaltungen pro Semester Teilnahmenachweise gefordert werden. Die Bestätigung der Anwesenheit erfolgt auf einem Testatbogen, für dessen ordnungsgemäße Führung die/der Studierende selbst verantwortlich ist. Wird die Teilnahme nicht bestätigt, muss die gesamte Lehrveranstaltung einschließlich der geforderten Prüfungsleistung (Studienarbeit) wiederholt werden.

TBM 2.7 und TBM 2.8

Bis zu zwei, an anderen - auch internationalen - Hochschulen, Universitäten oder anderen Fakultäten der Hochschule München angebotene Module können als Wahlpflichtmodule im Studiengang von der Prüfungskommission auf schriftlichen Antrag durch die betreffenden Studierenden nach §3 (5) SPO anerkannt werden, wenn die dort genannten Voraussetzungen erfüllt sind. Die konkreten Bezeichnungen der Module inklusive der von der Prüfungskommission gemeldeten Noten werden vom Prüfungsamt in das Zeugnis übernommen. Die Art der Lehrveranstaltung, Unterrichtssprache, Prüfungsform und Bearbeitungsdauer sowie die notwendigen Zulassungsvoraussetzungen für die Prüfung und Möglichkeiten für Wiederholungsprüfungen gelten hierbei nach den Regelungen der jeweiligen Hochschule. Bei im Ausland erworbenen Nachweisen ist dieser – falls nicht schon im Original in den folgenden Sprachen verfügbar - in Form einer amtlich beglaubigten Übersetzung in deutscher oder englischer Sprache vorzulegen. Das Antragsverfahren ist in der SPO geregelt.

Vertiefungsrichtungen (VT)

Nach §3 (6) SPO kann durch Auswahl von drei bestimmten Modulen eine Vertiefungsrichtung gewählt werden, die dann im Zeugnis genannt wird. Die Belegung einer bestimmten Vertiefungsrichtung ist jedoch nicht obligatorisch. Die Prüfungskommission kann darüber hinaus weitere Vertiefungsrichtungen beschließen, wenn geeignete Lehrangebote zur Verfügung stehen. Dabei können auch externe Wahlpflichtmodule (TBM 2.7, TBM 2.8) in eine Vertiefungsrichtung einbezogen werden.

Vertiefungsrichtung I: Strukturintegrität
Vertiefungsrichtung II: Dynamik
Vertiefungsrichtung III: Strömungsmechanik
Vertiefungsrichtung IV: Optimierung und Methoden der künstlichen Intelligenz

Studienarbeit (StA)

Bei der Studienarbeit handelt es sich um eine betreute schriftliche Ausarbeitung zu einem vorgegebenen Thema. Sie ist während des laufenden Semesters anzufertigen und spätestens am Ende des Semesters abzugeben. Die jeweilige Dozentin/der jeweilige Dozent legt den Umfang, die Form, eventuelle Zwischenabgabetermine und den finalen Abgabetermin fest. Die Abgabe der Modularbeit kann mit einer fünf- bis zehnminütigen, nicht benoteten mündlichen Überprüfung der Urheberschaft verbunden werden.

Projektarbeit (PA)

Bei der Projektarbeit handelt es sich um die vertiefende Ausarbeitung eines vorgegebenen oder von der/dem Studierenden im Einvernehmen mit der jeweiligen Dozentin/dem jeweiligen Dozenten gewählten Themas. Die Projektarbeit kann als Einzel- oder als Gruppenarbeit angefertigt werden. In letzterem Falle muss die individuelle Leistung jeder/jedes Studierenden klar erkennbar und bewertbar sein. Die Projektarbeit ist während des laufenden Semesters anzufertigen und spätestens am Ende des Semesters abzugeben. Der Aufwand beträgt 180 Arbeitsstunden. Der Umfang, die Form, eventuelle Zwischenabgabetermine und der finale Abgabetermin werden in Absprache mit der jeweiligen Dozentin/dem jeweiligen Dozenten festgelegt. Die Abgabe der Projektarbeit kann mit einer fünf- bis zehnminütigen, nicht benoteten mündlichen Überprüfung der Urheberschaft verbunden werden.

Kolloquium (Kol)

Die jeweilige Dozentin/der jeweilige Dozent legt Thema und Termin fest. Die im Rahmen des Kolloquiums zu erbringende Leistung beinhaltet eine persönliche Präsentation sowie ein sich anschließendes Fachgespräch. In der Übersicht über die Module und Prüfungsleistungen wird die Dauer der Präsentation/des Fachgesprächs festgelegt.

Kolloquium Masterarbeit (Kol-MA)

Im Rahmen der Präsentation muss die Kandidatin/der Kandidat in einem 30-minütigen Vortrag ihre/seine Masterarbeit verteidigen und in einer sich anschließenden 30-minütigen Diskussion nachweisen, dass sie/er in der Lage ist, fächerübergreifend und problembezogen Fragestellungen aus dem Gebiet des Computational Engineering selbstständig und auf wissenschaftlicher Grundlage zu bearbeiten.

Siehe auch Kapitel „Masterarbeit“

Kol	Kolloquium	StA	Studienarbeit
LN	Leistungsnachweis	SU	seminaristischer Unterricht
MA	Masterarbeit	SWS	Semesterwochenstunden
Proj	Projektstudium	TN	Teilnahmenachweis
PA	Projektarbeit	Ü	Übung
Pra	Praktikum	Vk	Videokonferenzaufsicht
schrP	schriftliche Prüfung	VT	Vertiefungsrichtung

4 Ziele-Module-Matrix

	Ziele-Module-Matrix **Masterstudiengang Technische Berechnung und Simulation TBM**	**Math., natur- u. ingenieurwiss. Grundlagen**	**Wissenschaftliche Methoden**	**Computational Engineering - spezifische Kompetenzen und Kenntnisse**	**Fachspezifisch vertiefte Kompetenzen und Kenntnisse**	**Soft Skills (Teamwork, agile Mthoden, etc.)**	**Gesellschaftliche und soziale Verantwortung, Fragen der Berufsethik, der Nachhaltigkeit**	**Sprachliche und interkulturelle Kompetenzen**
TBM 1 Pflichtmodule	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik	●		●				
	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen				●	●	o	
	Numerische Methoden	●	o	●				
	Strukturanalyse	●		●	●			
	Fatigue & Fracture (englischsprachig)	o		●	●		o	●
TBM 2 Wahlpflichtmodule	Angewandte Methoden der Optimierung			●	o			
	Programmierung von CAx-Systemen	●		●				
	Faserverbundstrukturen			●	●			
	Strukturdynamik	●	●	●	●	o	o	o
	Numerische Strömungsmechanik CFD		o	●	o	o		
	Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen	●	o	●	●	●		
	Fortgeschrittene Methoden der Regelungstechnik			●	o			
	Mehrkörpersysteme			●	o			
	Wärme- und Stoffübertragung			●	o			
	Applied Machine Learning and Deep Learning		●		●	●		●
	Projektarbeit	(●/o)	(●/o)	(●/o)	(●/o)	●	(●/o)	(●/o)
	Impact simulation of vehicle structures(englischsprachig)			●				●
	Aeroelastik	●	●	●	●	o	o	o
TBM 3	Masterarbeit	(●/o)	(●/o)	(●/o)	(●/o)	(●/o)	(●/o)	(●/o)

Legende:
● Kompetenz ist Schwerpunkt des Moduls o Kompetenz wird im Modul vermittelt (●/o) Abhängig von der Aufgabenstellung

5 Modulbeschreibungen

5.1 Pflichtmodule

TBM 1.1a Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik

Modulbezeichnung	**Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik**
engl. Modulbezeichnung	Advanced Mathematics and Basics of Numerical Analysis
Fachgruppe	Mathematik
Lfd. Nr.	**TBM 1.1a**
Modulverantwortung	Prof. Dr. Michael Wibmer
Weitere Lehrende	Prof. Dr. Laurent Demaret Prof. Dr. Tobias Graf Prof. Dr. Christian Möller N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1. Semester (WiSe/SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Allgemeines Pflichtmodul für TBM, FAM, FEM, LRM, MBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	SU: 6 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium: 65 Std./145 Std.
Leistungspunkte	7
Empfohlene Voraussetzungen	Mathematik des Bachelors (z.B. Ingenieurmathematik I,II)
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	• Schärfung analytischer Denkweisen • Erwerb fortgeschrittener Kenntnisse von mathematischen Begriffen und Methoden, welche für die Behandlung von wissenschaftlichen und fortgeschrittenen Anwendungen aus den Themen der Masterstudiengänge notwendig sind. • Die Studierenden erlangen die Fähigkeiten um ausgewählte physikalisch-technischer Vorgänge zu modellieren und können mathematischer Methoden zur Diskussion der Eigenschaften dieser Modelle anwenden. • Verständnis der Grundlagen numerische Begriffe und Methoden und Fähigkeit zur Anwendung numerischer Methoden auf Anwendungsbeispiele • Die Studierenden erarbeiten sich die Fähigkeit, technische Zusammenhänge in mathematischer Sprache zu formulieren und deren Resultate kritisch zu beurteilen • Die Studierenden lernen die grundlegenden Kenntnisse aus dem Bereich Numerischer Mathematik um die Ergebnisse von numerischen Lösungsverfahren kritisch zu beurteilen zu können (z.Bsp. die Resultate von

	kommerziellen Softwarepaketen zur numerischen Lösung mechanischer Probleme)
Inhalt	1. Lineare und nichtlineare Systeme von gewöhnliche Differenzialgleichungen (Lösungsschema, Eigenwerttheorie, Stabilität, Linearisierung dynamischer Systeme). 2. Rand- und Eigenwertaufgaben. 3. Fourierreihen und Fouriertransformation (Eigenschaften, Anwendungen, Beispiele, Gibb'sches Phänomen, Abtasttheorem von Shannon). 4. Laplacetransformation (Eigenstudium). 5. Integralsätze (z.B. Sätze von Gauß, Green und Stokes) 6. Partielle Differenzialgleichung (Struktur Charakteristiken, Typen: elliptische, hyperbolische, parabolische, Lösungsverfahren) 7. Grundlagen der numerischen Mathematik 8. Einführung in statistische Methoden
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripten	• Arendt, Urban, Partielle Differenzialgleichungen, Springer Spektrum (2010); • Graf Finck von Finckenstein, Lehn, Schnellhaas, Wegmann, Arbeitsbuch Mathematik für Ingenieure, Band II: Differentialgleichungen, Funktionentheorie, Numerik und Statistik, Teubner (2006) • Bärwolff, Numerik für Ingenieure, Physiker und Informatiker, Springer Spektrum (2015); • Munz, Westermann, Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen, Springer Verlag 3. Aufl. (2012); • Burg, Haf, Wille, Partielle Differentialgleichungen (2004); • Quarteroni, Sacco, Saleri, Numerische Mathematik 1 und 2, Springer Verlag • Scholz, Numerik Interaktiv, Springer Spektrum (2016) • Meyberg, Vachenauer, Höhere Mathematik 1 und 2, Springer Verlag, 6. Aufl. (2003) und 4. Aufl. (2005) • Skripte zu den Bachelorvorlesungen „Ingenieurmathematik I und II;
Verwendete Software	MATLAB, OpenSource Plattformen
Stand: 12.02.2025	

TBM 1.2a Management von Unternehmen, Projekten und Wissen

Modulbezeichnung	**Management von Unternehmen, Projekten und Wissen**
engl. Modulbezeichnung	Management of Business, Projects and Knowledge
Fachgruppe	BWL
Lfd. Nr.	**TBM 1.2a**
Modulverantwortung	Prof. Dr. Julia Eiche
Weitere Lehrende	Dr. Barbara Fischer, LbA
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 2. Semester (WiSe/SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Allgemeines Pflichtmodul für TBM, FAM, FEM, LRM, MBM / Hochschulzertifikat „Unternehmerisches Denken und Handeln“
Art der Lehrveranstaltung, SWS	SU: 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./105 Std.
Leistungspunkte	5
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen Betriebswirtschaftslehre
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	Die Studierenden erhalten Einblick in die Dimensionen erfolgreicher Unternehmensführung, lernen Methoden strategischer Unternehmensführung kennen sowie die Herausforderungen des Führens internationaler und interkultureller Teams. Die Studierenden lösen Fallstudien, erarbeiten und verfolgen einschlägige Markt- und Unternehmensentwicklungen. Sie erhalten Einblick in konkrete Herausforderungen in der Führung eines Unternehmens im Rahmen eines komplexen, computergestützten Planspiels. Die Studierenden erlernen die Methoden erfolgreichen Projektmanagements. Sie erhalten Einblick in die Bedeutung und die Herausforderungen von Wissensmanagements in modernen Unternehmen (wie z.B. neue Potenziale durch wissensbasierte Systeme).
Inhalt	• Unternehmensführung (Grundlagen, Instrumente strategisches Management, internationales Management, Kostenmanagement & Controlling, Personalführung, Entrepreneurship und innovative Geschäftsmodelle etc.) • Projektmanagement (Methoden, Instrumente und Ebenen des Projektmanagements; Projektphasen, klassischer und agiler Ansatz) • Wissensmanagement (Methoden, Instrumente und Ebenen des Wissensmanagements) • Planspiel Unternehmensführung: In der Rolle der Geschäftsführung treffen die Teilnehmer strategische und operative Entscheidungen in verschiedenen Unternehmensbereichen.

	• Branchenrelevante Praxisbeispiele und aktuelle Entwicklungen (wie z.B. Digitalisierung der Industrie)
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripten	• Dillerup, R./Stoi, R. (neueste Auflage): Unternehmensführung, Verlag Vahlen, München. • Holtbrügge, D./Welge, M. (neueste Auflage): Internationales Management, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart. • Hungenberg, H./ Wolf, T. (neueste Auflage): Grundlagen der Unternehmensführung, Springer, Heidelberg. • North, K. (neueste Auflage): Wissensorientierte Unternehmensführung – Wertschöpfung durch Wissen, Gabler, Wiesbaden • Steinmann, H./ Schreyögg, G./ Koch, J. (neueste Auflage): Management, Springer Gabler Wiesbaden. • Thommen, J./ Achleitner, A. (neueste Auflage): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre – Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht, Springer Gabler Wiesbaden. • Timinger, H. (neueste Auflage): Modernes Projektmanagement, Wiley Verlag, Weinheim.
Stand: 12.02.2025	

TBM 1.3 Numerische Methoden

Modulbezeichnung	**Numerische Methoden**
engl. Modulbezeichnung	Numerical Methods
Fachgruppe	Mathematik
Lfd. Nr.	**TBM 1.3**
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Katina Warendorf
Weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (WiSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Pflichtmodul TBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	SU: 2 SWS, Ü: 2 SWS (eine Übungsgruppe online)
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./135 Std.
Leistungspunkte	6
Empfohlene Voraussetzungen	• Mathematik des Bachelors (Ingenieurmathematik I,II) • insbesondere Kenntnisse über Anfangswertprobleme für gewöhnliche Differenzialgleichungen • das Modul Höhere Mathematik sollte parallel oder vorher belegt werden
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	In dem Modul werden fortgeschrittene Kenntnisse und vertieftes Verständnis für mathematische Begriffe und Methoden sowie analytische Denkweisen aus dem Gebiet der Numerik (insbesondere Differenzialgleichungen) vermittelt, die für wissenschaftliche und vertiefte Anwendungen in der technischen Simulation notwendig sind. Die Studierenden sollen den Zusammenhang zwischen theoretischer Analyse eines Verfahrens und den daraus resultierenden Rahmenbedingungen erkennen. Die Studierenden erarbeiten sich die Fähigkeit numerische Verfahren (mittels eines Computer-Algebra-Systems) auf technische Problemstellungen anzuwenden und die Simulationsergebnisse kritisch zu interpretieren.
Inhalt	In Seminaristischem Unterricht und Übung werden die theoretische Analyse numerischer Verfahren und deren Umsetzung vermittelt. Inhaltlich wird insbesondere auf folgende Verfahren eingegangen: • Quadratur- und Extrapolationsverfahren • Explizite und implizite Verfahren zur Lösung von gewöhnlichen Differenzialgleichungen und Differenzialgleichungssysteme (Anfangswert- und Randwertprobleme) • Numerische Verfahren zur Lösung von partiellen Differenzialgleichungen

Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripten	• Unterlagen zum Download für eingeschriebene SeminarteilnehmerInnen • Munz, Westermann. Numerische Behandlung von gewöhnlichen und partiellen Differenzialgleichungen, Springer, 3. Auflage 2012 • Dahmen, Reusken. Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer-Verlag, 2. Auflage 2008 Ergänzend: • Scholz, Daniel, Numerik Interaktiv, Springer Spektrum, 2016 • Thuselt, Frank,Gennrich, Friedrich, Praktische Mathematik mit MATLAB, Scilab und Octave für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer, 2013.
Stand: 30.06.2021	

TBM 1.4 Strukturanalyse

Modulbezeichnung	**Strukturanalyse**
engl. Modulbezeichnung	Structural Mechanics
Fachgruppe	Mechanik
Lfd. Nr.	**TBM 1.4**
Modulverantwortung	Prof. Dr.-Ing. A. Fritsch
weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Pflichtmodul TBM, Wahlpflichtmodul MBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	SU: 3 SWS Pr: 1 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./135 Std.
Leistungspunkte	6
Vorausgesetzte Kenntnisse	Technische Mechanik, Festigkeitslehre, Höhere Festigkeitslehre, Einführung FEM
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	Den Studierenden werden tiefergehende Kenntnisse in der Strukturmechanik bzw. Kontinuumsmechanik sowie in der algorithmischen Behandlung nichtlinearer Fragestellungen vermittelt. Zunächst erfolgt eine Einführung in die Tensoralgebra und –analysis. Die Studierenden erlernen das Rechnen und den sicheren Gebrauch einer symbolischen Schreibweise und kennen die Rechenregeln für Tensoren höherer Stufe. Das Konzept der Richtungsableitung für tensorielle Gleichungen wird eingeführt, die Linearisierung nichtlinearer Gleichungen wird damit geübt. Die im Bachelor behandelten ebenen Probleme werden dann auf allgemeine dreidimensionale Kontinua beliebig großer Deformationen erweitert. Die Studierenden lernen die für große Deformationen zentrale, die Deformation beschreibende Größe, den Deformationsgradienten **F** abzuleiten und anzuwenden. Sie kennen die Begriffe der Streckung und Gleitung im Zusammenhang mit großen Deformationen und die damit einhergehenden nichtlinearen Verzerrungsmaße (Green-Lagrange und Almansi). Sie können die Bedeutung von Referenz- und Momentankonfiguration erläutern. Abschließend werden die leistungskonjungierten Spannungstensoren (Cauchy-, 1. und 2. Piola-Kirchhoffscher Spannungstensor) eingeführt und mit ihnen die Erhaltungsgleichungen der Mechanik formuliert. Es werden iterative Verfahren zur Behandlung geometrisch nichtlinearer Probleme (Newton-Raphson) vorgestellt und Begriffe wie „geometrische und materielle Steifigkeit“ erläutert. Die Studierenden können diese Verfahren

	analytisch auf einfache, nichtlineare Problemstellungen anwenden und damit einen Lösungsalgorithmus entwerfen.
Inhalt	Tensorrechnung, Tensoralgebra und –analysis, Nabla-Operator, Koordinatentransformation, Eigenwertproblem, Cayley-Hamilton-Gleichung, Richtungsableitung tensorieller Funktionen, Referenz- und Momentankonfiguration, rechter und linker Cauchy-Green Tensor, Strecktensoren, nichtlineare Verzerrungsmaße, polare Zerlegung, Spannungstensoren, Erhaltungsgleichungen der Mechanik, geometrische und materielle Nichtlinearitäten, Newton-Raphson.
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripten *(fett gedruckte Literatur ist für die Vorlesung besonders empfohlen!)*	• **Fritsch: Skript „Strukturanalyse“, März 2015** • Gross, Hauger, Wriggers: *Technische Mechanik, Band4, Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden.* Springer Verlag, 2009. • **Bonet J., Wood R.: *Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis*. Cambridge University Press, 2nd edition, 2008.** • Holzapfel G. A.: *Nonlinear Solid Mechanics*. John Wiley & Sons, 2000. • **Reddy J. N.: *An Introduction to Continuum Mechanics*. Cambridge University Press, 2nd edition, 2013.** • Zienkiewicz, Taylor, Zhu : *The Finite Element Method. Its Basis and Fundamentals.* Butterworth Heinemann; Auflage: 6th ed.,2005 • J. Altenbach and H. Altenbach. Einführung in die Kontinuumsmechanik. Teubner Studienbücher, Stuttgart, 1994 • Zienkiewicz, Taylor: *The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics* . Butterworth Heinemann; Auflage: 6th ed.,2005. • Wriggers: *Nonlinear Finite Element Methods* . Springer Verlag, 2009.
Stand: 30.06.2021	

TBM 1.5 Fatigue & Fracture (Ermüdungsfestigkeit)

Modulname (German)	Ermüdungsfestigkeit
Module name (English)	**Fatigue & Fracture**
Fachgruppe	Mechanics
No.:	**TBM 1.5**
Responsible for Module	Prof. Dr.-Ing. Klemens Rother
Further lectors	N.N.
Language	English
Assignment to curricula (Term)	Master TBM, Semester 1 und 2 (Winter and Summer)
Usability in this course /in other courses	Mandatory Course Master TBM Elective Course Master MBM Elective Course for International Students Elective Course for MUAS Students
Type of Course, SWS	SU (Lecture): 4 SWS, Ü (Exercise): 0 SWS
Effort in hours	Attendance/Study 45 hrs./145 hrs.
Credit points	6
Recommended qualifications	• Knowledge of basic and advanced mechanics of materials • Performing linear elastic finite-element analyses • Basics of materials engineering • Application of spreadsheet analysis and/or computer algebra software (i.e. MS Excel, MATLAB, MATHCAD, …)
Educational objective *(Professional skills and expertise)*	• Knowledge about damage mechanisms for cyclic loading. • Ability to estimate strength of cyclic loaded structures. • Become acquainted with different methods of analytical fatigue assessment and judge differences. • Recognize and evaluate the statistical character of fatigue failure. • Apply methods for purpose of proving structural integrity, judging failures, qualification of structures or evaluation of manufacturing defects. • Using case studies students will apply the methods by themselves and should deepen the knowledge by literature research and self-studies including discussions in the seminar. • This lecture features responsible treatment of risk due to fatigue failure. It covers professional practices and requirements in development and qualification of fatigue and safety relevant structures as well as ethical issues of working in safety relevant areas.
Content	• Case studies for failure • Material related aspects of fatigue failure • Factors influencing fatigue

	• Analysis of stresses with respect to fatigue evaluation • Description of loads and stresses (cycle counting, stress spectra) • Stress based, strain based and (optional) fracture mechanical approaches • Statistical methods for assessment of fatigue tests and analytical procedures to proof structural integrity. • Discussions on best practice and professional ethics for the qualification of safety relevant structures.
Exam	Exam according to the legal framework of the degree program in which this course is offered. Approved aides for the examination will be published by means of the examination announcement.
Media used in lectures	Blackboard, Beamer, Microsoft Excel, Software for Finite-Element-Analysis and fatigue analysis, discussions on specific topics.
Seminar notes, recommended textbook	• Script for download for enrolled students. • Dowling, Norman: Mechanical Behavior of Materials. 4th Ed., Pearson Education, London, 2013 • Selected scientific papers supplied by Moodle during the lecture.
Literature	• Lee, Mark Barkey, Hong-Tae Kang: Metal Fatigue Analysis Handbook. Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam, 2012 • Arthur J. McEvily: Metal Failures: Mechanisms, Analysis, Prevention. John Wiley & Sons, New York, 2nd Edition, 2013. • Yung-Li Lee, Jwo Pan, Richard Hathaway, Mark Barkey: Fatigue Testing and Analysis. Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam, 2005 • Haibach, Erwin: Betriebsfestigkeit. Springer Verlag, Berlin, 2. Auflage 2002.
Stand: 27.07.2022	

TBM 3 Masterarbeit

Modulgruppe	**Masterarbeit**
Modulbezeichnung	Master Thesis
Kürzel	**TBM 3**
Fachgruppe	**alle**
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr.-Ing. A. Fritsch
Weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch, Englisch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 3. Semester Pflichtmodul TBM (WiSe/SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Pflichtmodul TBM
Lehrform / SWS	Selbstständige Arbeit
Arbeitsaufwand	900 Stunden für Bearbeitung, Dokumentation und Präsentation der Aufgabenstellung
Leistungspunkte	30
Empfohlene Voraussetzungen	
Lernziele / Kompetenzen	In diesem Modul wird die Befähigung zu selbständiger Bearbeitung einer anspruchsvollen Aufgabenstellung mit wissenschaftlichen Methoden nachgewiesen. Dabei werden die in den anderen Modulen erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten eingesetzt, verknüpft und punktuell vertieft. Die Studierenden • wenden die im Studium erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und wissenschaftlichen Methoden an • eignen sich weitere, vertiefende Kenntnisse und Fähigkeiten auf dem Gebiet der Aufgabenstellung an • können wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden weiterentwickeln • sind in der Lage, eine wissenschaftliche Aufgabenstellung selbständig zu bearbeiten, Lösungen zu finden und zu bewerten, die Arbeit zu dokumentieren und zu präsentieren
Inhalt	• Selbständige Bearbeitung einer anspruchsvollen, auf die Ausbildungsziele des Masterstudiengangs bezogenen, fachbezogenen Aufgabenstellung mit wissenschaftlichen Methoden • Durchführung einer wissenschaftlichen Literaturrecherche mit deren inhaltlicher Aufbereitung, Auswertung und Darstellung der eigenen Interpretation im Bericht.

	• Planung und Durchführung der Teilaufgaben im Rahmen von Forschungs- und/oder Entwicklungsprozessen • Kritische Bewertung der Ergebnisse, z.B. mit Hilfe einer Validierung und/oder Durchführung von Sensitivitätsanalysen und/oder Robustheitsbewertung • Erstellung der schriftlichen Arbeit und der Präsentation
Studien-/ Prüfungsleistungen	Siehe Studienplan Masterstudiengang TBM Schriftliche Masterarbeit und Kolloquium
Medienformen	Projektor, Beamer
Literatur	Das Auffinden der für das Arbeitsthema geeigneten Fachliteratur und Recherche des Stands von Forschung und Technik zum Thema ist Teil der Aufgabenstellung.
Kommentar	Die Masterarbeit sollte möglichst in der Bibliothek der Hochschule München veröffentlicht werden. Geheimhaltungsvereinbarungen werden von der Hochschule für diese Masterarbeiten nicht akzeptiert. Siehe hierzu weitere Hinweise und Formalitäten in der Homepage des Studiengangs. Die Masterarbeit ist für die Beurteilung durch Erst- und Zweitbetreuer (1) **zweifach in gedruckter und gebundener Form (doppelseitiger Druck)** **sowie** (2) **in elektronischer Form (pdf)** zuzüglich etwaiger Programmskripte und separater Anlagen etc. abzugeben. Eine schriftliche Bestätigung zur Veröffentlichung ist, falls eine Veröffentlichung beabsichtigt ist, von der/dem Studierenden mit Unterschrift evtl. beteiligter Unternehmen und des Erstbetreuers mit einem zusätzlichen gedruckten und gebundenen Exemplar einzureichen.
Stand: 30.06.2021	

5.2 Wahlpflichtmodule

TBM 2.1 Angewandte Methoden der Optimierung

Modulbezeichnung	**Angewandte Methoden der Optimierung**
engl. Modulbezeichnung	Applied Optimization
Fachgruppe	Mathematik
Lfd. Nr.	**TBM 2.1**
Modulverantwortung	Prof. Dr. Christian Möller
weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Wahlpflichtmodul TBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	SU: 2 SWS PR: 2 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./135 Std.
Leistungspunkte	6
Empfohlene Voraussetzungen	Mathematik des Bachelors, Ingenieurmathematik I,II
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	In diesem Modul erwerben die Studierenden vertiefte Kenntnisse und praktische Fähigkeiten im Bereich der mathematischen Optimierung. Sie lernen verschiedene Optimierungsverfahren kennen und verstehen deren methodische Grundlagen sowie Anwendungsbereiche. Durch die intensive Nutzung von Julia und entsprechender Softwarepakete im Praktikum entwickeln die Studierenden Kompetenzen in der Implementierung und Lösung komplexer Optimierungsprobleme. Zusätzlich werden moderne Ansätze wie Metamodelle und Bayes'sche Optimierung behandelt, die für fortgeschrittene Anwendungen und simulationsbasierte Aufgaben relevant sind. Die Studierenden sind in der Lage, selbstständig Optimierungsalgorithmen zu analysieren, anzuwenden und weiterzuentwickeln sowie Optimierungsprobleme aus der Praxis zu modellieren und effizient zu lösen.
Inhalt	• Algorithmische Methoden der Optimierung (Liniensuchverfahren, Trust Region Verfahren, Vergleich von Algorithmen) • Numerische Methoden und praktische Implementierung (Einführung in Julia, Implementierung ohne Ableitungen, Curse of Dimensionality, Gradientenverfahren) • Restriktierte Optimierungsprobleme (Lagrange-Multiplikatoren, Strafterm- und Barriere-Verfahren) • Lineare Optimierung (JuMP, praktische Beispiele) • Modellierung komplexer Optimierungsprobleme (reale Fragestellungen, Blending, Projektmanagement, MILP)

	• Metamodelle und Surrogatmodelle (Einsatz von Metamodellen, Regularisierung mit Optim.jl, Modellgüte) • Gauß'sche Prozesse und Nicht-Parametrische Modelle (Modellzuverlässigkeit und adaptive Verbesserung) • Bayes'sche Optimierung (Integration von Metamodellen, Methoden der Bayes'schen Optimierung)	
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung	
Literaturhinweise/Skripten	• J. Nocedal und S. Wright, Numerical Optimization, Springer, 2006 • M.J. Kochenderfer, T.A. Wheeler, Algorithms for Optimization, MIT Press, 2019 • C.E. Rasmussen und C.K.I Williams, Gaussian Processes for Machine Learning, MIT Press, 2006 • Online-Ressourcen und bereitgestellte Notebooks	
Stand: 12.02.2025		

TBM 2.2 Programmierung von CAx-Systemen

Modulbezeichnung	**Programmierung von CAx-Systemen**
engl. Modulbezeichnung	Programming of CAx Systems
Fachgruppe	Elektrotechnik/Informatik
Lfd. Nr.	**TBM 2.2**
Modulverantwortung	Prof. Dr. Tilman Küpper
Weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Wahlpflichtmodul TBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	SU: 2 SWS, Ü: 2 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./135 Std.
Leistungspunkte	6
Empfohlene Voraussetzungen	Modul „Ingenieurinformatik“ aus den Bachelor-Studiengängen der FK03; die Kenntnis einer höheren Programmiersprache wird vorausgesetzt.
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	Die Auswertung komplexer Berechnungs- und Simulationsergebnisse ist oft sehr aufwendig. Softwarebasierte Analyseverfahren, Datenimport, -export und Weiterverarbeitung mit externen Applikationen und CAx-Systemen bieten hier wertvolle Unterstützung. Im Modul „Programmierung von CAx-Systemen“ erarbeiten sich die Studierenden Kompetenzen, Softwareschnittstellen in diesem Sinn zu nutzen, Auswertungen durchzuführen und zu bewerten. Techniken wie objektorientierte Programmierung, Entwicklung von grafischen Benutzeroberflächen, numerische Verfahren und Schnittstellenprogrammierung werden anhand typischer Projekte direkt am Rechner eingeübt.
Inhalt	• Objektorientierte Programmierung in C++ (Klassen, Vererbung, Konstruktoren, Destruktoren) • Standardbibliothek, Container, Strings und Streams • Programmierung grafischer Benutzeroberflächen • Endliche Automaten • Arbeiten mit Datenbanken • Optimierung von Algorithmen durch Parallelisierung und GPU-Nutzung • Softwareschnittstellen zu externen Applikationen und CAx-Systemen
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung

Skript, Literatur zur Lehrveranstaltung	• B. Stroustrup: A Tour of C++, 3rd Edition, Pearson Education, 2023. • Foliensammlung zum Download
Weitere Literaturempfehlungen	• Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein: Introduction to Algorithms, 3rd Edition, MIT Press, 2009. • Jürgen Wolf: C++: Das umfassende Handbuch, 3. Auflage, Galileo Computing, 2014
Stand: 13.02.2024	

TBM 2.3 Faserverbundstrukturen

Modulbezeichnung	**Faserverbundstrukturen**
engl. Modulbezeichnung	Composite Structures
Fachgruppe	Mechanik
Lfd. Nr.	**TBM 2.3**
Modulverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Jörg Middendorf
weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (WiSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Wahlpflichtmodul TBM, MBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	SU: 2 SWS Ü: 2 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium/Studienarbeit: 45/75/60 Std.
Leistungspunkte	6
Empfohlene Voraussetzungen	Technische Mechanik, Leichtbau, FEM
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	• Die Studierenden sind in der Lage, durch Anwendung der klassischen Laminattheorie, geeigneter Festigkeitshypothesen, fertigungstechnischer und konstruktiver Kenntnisse Faserverbundstrukturen zu konzipieren und zu berechnen. • Als Berechnungswerkzeuge beherrschen die Studierenden sowohl analytische Methoden in Verbindung mit eigener Programmierung (MATLAB, MAPLE, C, etc.) als auch die Anwendung von FEM-Programmen (ABAQUS)
Inhalt	• Werkstofftechnische und fertigungstechnische Grundlagen von Faserverbundstrukturen • Klassische Laminattheorie • Versagen und Bruchanalyse von UD-Schichten • Degradationsanalyse von Laminaten • Laminatentwurf und gewichtsoptimale Auslegung von Faserverbundstrukturen • Finite-Element-Analysen von Faserverbundstrukturen mit dem Programm ABAQUS
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Eingesetzte Software	Z.B. FEM-Programm ABAQUS, MATLAB bzw. MAPLE (optional)
Literaturhinweise/Skripte	• Helmut Schürmann: „Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden“, Springer-Verlag.

	• Alfred Puck: „Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten“, Hanser-Verlag.
Stand: 30.06.2021	

TBM 2.4 Strukturdynamik

Modulbezeichnung	**Strukturdynamik**
engl. Modulbezeichnung	Structural Dynamics
Fachgruppe	Mechanik
Lfd. Nr.	**TBM 2.4**
Modulverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Johannes Wandinger
weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Wahlpflichtmodul TBM, MBM, LRM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 45h - Eigenstudium: 135h
Leistungspunkte	6
Vorausgesetzte Kenntnisse	Mathematik, Technische Mechanik, FEM für statische Analysen linear-elastischer Strukturen, Grundkenntnisse in der Programmierung mit Matlab oder GNU/Octave
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	• Die Studierenden verstehen das Schwingungsverhalten linear-elastischer Strukturen und den Einfluss der verschiedenen Systemparameter. Sie können Eigenschwingungen numerisch berechnen, die Ergebnisse korrekt interpretieren und die Qualität der Ergebnisse bewerten. • Die Studierenden kennen die Methoden zur Beschreibung von zufallserregten Schwingungen. Sie können Zeitreihen mit Hilfe von Matlab/Octave auswerten und die Ergebnisse korrekt interpretieren. • Die Studierenden können die klassischen Methoden zur numerischen Berechnung von Übertragungsfunktionen sicher anwenden, die Ergebnisse korrekt interpretieren sowie die Fehlereinflüsse abschätzen. • Die Studierenden kennen den Einfluss von Vibrationen auf Komfort, Arbeitssicherheit und Lärmemissionen.
Inhalt	• Klassifikation von dynamischen Lasten • Impulsantwort, Fourier-Transformation und Übertragungsfunktionen • Stochastische Prozesse, Leistungs- und Kreuzleistungsdichtespektren • Numerische Zeitreihenanalyse mit GNU/Octave • Schwingungseigenschaften kontinuierlicher Systeme und ihre Approximation durch diskrete Modelle • Klassische Berechnungsverfahren der Strukturdynamik: Modalanalyse, Frequenzganganalyse, Transiente

	Analyse • Erweiterte modale Reduktion: Fehleranalyse, modale statische Dehnungsenergien, modale effektive Massen • Teilstrukturen: statische Reduktion und Craig-Bampton-Methode • Modellbewertung • Dämpfungsmodelle: viskose Dämpfung, Strukturdämpfung, Rayleigh-Dämpfung, Näherungscharakter der Dämpfungsmodelle Übungsaufgaben und die Studienarbeit werden mit dem selbst entwickelten, auf GNU/Octave basierenden Programmbaukasten Mefisto durchgeführt.
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripten	• Knaebel, Jäger, Mastel, *Technische Schwingungslehre*, Springer 2009 • Föllinger, *Laplace-, Fourier- und z-Transformation*, VDE-Verlag 2011 • Clough, Penzien, *Dynamics of Structures*, Computers & Structures 2003 • Gasch, Knothe, Liebich, *Strukturdynamik*, Springer 2012 • Freymann, *Strukturdynamik – Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch*, Springer 2011 • Craig, Kurdila, *Fundamentals of Structural Dynamics*, Wiley 2006 • Craig, Structural *Dynamics – An Introduction to Computer Methods*, Wiley 1981 • Wang, Wang, *Structural Vibration: Exact Solutions for Strings, Membranes, Beams, and Plates*, CRC Press 2013 • Adhikari, *Structural Dynamic Analysis with Generalized Damping Models: Analysis*, John Wiley & Sons 2013 • Bathe, *Finite Element Procedures*, Prentice Hall 1996 • Bendat, Piersol, *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*, Wiley 2010 • Brandt, *Noise and Vibration Analysis: Signal Analysis and Experimental Procedures*, Wiely 2011 • Natke, *Einführung in Theorie und Praxis der Zeitreihen und Modalanalyse*, Vieweg 1992 • Saad, *Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems*, SIAM 2011 • Wilkinson, *The Algebraic Eigenvalue Problem*, Oxford 1988 • Eigene Lehrmaterialien zum Download
Stand: 30.06.2021	

TBM 2.5 Numerische Strömungsmechanik CFD

Modulbezeichnung	**Numerische Strömungsmechanik**
engl. Modulbezeichnung	Computational Fluid Dynamics, CFD
Fachgruppe	Energietechnik
Lfd. Nr.	**TBM 2.5**
Modulverantwortung	Prof. Dr.-Ing. A. Gubner
Weitere Lehrende	Prof. Dr.-Ing. B. Kniesner
Sprache	Deutsch/Englisch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (WiSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Wahlpflichtmodul TBM, MBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	SU: 2 SWS Ü: 2 SWS PR: 0 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium/‘Studienarbeit: 45/45/90 Std.
Leistungspunkte	6
Empfohlene Kenntnisse	Mathematik, CAD, Strömungsmechanik, Thermodynamik und Wärmeübertragung
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	• Verständnis und Anwendung von Modellierung und Simulation strömungsmechanischer Vorgänge sowie deren Bedeutung im Rahmen virtueller Erprobung bzw. Entwicklung • Kenntnis der Navier Stokes Gleichungen und mathematische Klassifikation von Strömungen (hyperbolische, parabolische, elliptische und gemischte Strömungsformen • Formulierung eines CFD Problems bestehend aus Berechnungsdomäne (Geometrie), Diskretisierung (Gitterbildung), Strömungssimulation und Postprocessing • Anwendung typischer industriell genutzter CFD Software und Befähigung eine typische technische Fragestellung als CFD-Case selbstständig aufzusetzen • Kritische Bewertung der erhaltenen Ergebnisse und Ableitung von Verifikationsexperimenten
Inhalt	Es wird eine Übersicht und Einstieg in Funktionsweise und Anwendung moderner CFD-Software gegeben. Dazu gehört • Einführung und Vorstellung der strömungsmechanischen Grundgleichungen (Navier-Stokes, Euler, …) • Turbulenzmodellierung (DNS, LES, RANS, Hybrid) mit Schwerpunkt auf Wirbelviskositätsmodellen und Wandbehandlung • Einführung in die Numerischen Lösungsverfahren: Vernetzung, numerisches Gitter, Diskretisierungsverfahren (FDM, FVM)mit Schwerpunkt auf Finite Volumen Methode (stationär und instationär), Gleichungslösung TDMA,

	Gauß-Seidel, Multi-Grid Verfahren, Transiente Strömungen: Explizite und implizite Schemata, Eigenschaften numerischer Verfahren (Konsistenz, Beschränktheit Stabilität) • Fortgeschrittene Modellierung: konjugierte Wärmeübertragung, kompressible Strömung, Verbrennung, bewegte Gitter, Mehrphasenströmung
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripten	H. K. Versteeg, W. Malalasekera, An Introduction to Computational Fluid Dynamics, Pearson Prentice Hall; J. H. Ferziger, M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer Verlag.
Stand: 13.02.2024	

TBM 2.6 Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen

Modulbezeichnung	**Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen**
engl. Modulbezeichnung	Development of Mechanical Structures in the Conceptual Phase
Fachgruppe	Mechanik
Lfd. Nr.	**TBM 2.6**
Modulverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Klemens Rother
weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Wahlpflichtmodul TBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	Siehe Studienplan Masterstudiengang TBM SU: 3 SWS Ü: 1 SWS PR: 0 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium/Studienarbeit: 45/45/90 Std.
Leistungspunkte	6
Empfohlene Kenntnisse	Anwendungserfahrung in einem 3D CAD-System (CATIA, NX, …). Grundkenntnisse Methodisches Konstruieren, Grundlagenwissen zur Konstruktion und Entwicklung mechanischer Strukturen. Erste Erfahrung in der Anwendung von Finite-Element-Software für Strukturmechanik und/oder CFD.
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	Kennenlernen und Anwendung von Teilgebieten der Konzeptentwicklung von Strukturen, beispielsweise: • Anforderungen für Entwicklungsprozesse in der sehr frühen Phase (Konzeptentwicklung) inkl. Variantenbildung • Erkennen des Vorteils parametrisierter Modelle, Einsatz von Optimierung und Steigerung der Granularität der Produktbeschreibung im Entwicklungsprozess • Grundsätzliche Anforderungen für die globale gegenüber der lokalen Strukturgestaltung am Beispiel von Karosserien • Besonderheiten komplexer, dünnwandiger Konstruktionen sowie spezieller Fertigungsverfahren und deren Auswirkungen auf die konstruktive Gestaltung am Beispiel von Karosserien • Abläufe und Herausforderungen kooperativer Arbeitsweisen in der Konzept- und Strukturentwicklung, z.B. bezüglich Styling/Design, Architektur/Package, Strukturentwicklung und Strukturoptimierung mit Funktionsnachweisen • Effiziente Berechnungsverfahren mit stark idealisierten Simulationsmodellen für die variantenintensive Entwicklung

	• Erkennen der Relevanz von hoher Innovationsfähigkeit und darauf abgestimmter agiler Entwicklungsprozesse für funktionale, innovative, nachhaltige und energieeffiziente Produkte • Durchführung der Entwicklung eines Karosseriekonzepts z.B. für ein Fahrzeug eines Energieeffizienzwettbewerbs oder eines Busses nach vorgegebenen Anforderungen mit Erstellung von parametrisierten Konzeptmodellen und überschlägiger Dimensionierung im Rahmen einer Studienarbeit als Gruppenarbeit • Durchführung von Literaturrecherchen als wissenschaftliche Methode der Wissensakquisition. • Durchführung des Projekts in Gruppenarbeit zur Schärfung von Soft-Skills (Projektmanagement, agile Methoden, kooperative Arbeitsweisen, Wissensmanagement in Entwicklungsprojekten, Umgehen mit Konflikten, Gruppendynamik).
Inhalt	Die folgenden Inhalte ergeben sich durch die konkrete, gewählte Aufgabenstellung der Studienarbeit, die jedes Semester neu definiert wird: • Für die frühe Phase relevante Anforderungen • Interaktion Styling - Strukturentwicklung • CAx-basierte Entwicklung von Karosserien • Kennenlernen virtueller Prozessketten für die Karosseriekonstruktion als ein Beispiel mit hoher Komplexität • Vereinfachte rechnerische Methoden für die Konzeptentwicklung • Einblick in die Frühe Phase der Produktentstehung anhand von Beispielen • Vorstellung und Erläuterung verschiedener CAx-Werkzeuge, speziell mit Fokus frühe Phase und Parametrik. • Einführung in wissensbasierte Systeme bzw. automatisierte Konstruktion, Idealisierung und Analyse als Anwendungsbereich der Methoden künstlicher Intelligenz und digitaler Zwillinge. • Parametrisierte Karosseriekonstruktion und Simulation für ein neues Karosseriekonzept durch die Studierenden mit Anwendung von CAD Systemen im Rahmen einer Studienarbeit (selbstständig oder in einer Gruppe) • Abschlusspräsentation der Projektarbeiten im Rahmen eines Kolloquiums mit gemeinsamer Diskussion der Arbeitsergebnisse
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripten	• Seminarunterlagen zum Download für eingeschriebene Seminarteilnehmer.

	• Brown, Robertson, Serpento: *Motor Vehicle Structures, Concepts and Fundamentals*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002 • Ausgewählte Fachaufsätze bzw. Literatur in Bezug auf die gewählte Aufgabenstellung der Studienarbeit (wird über Moodle während des Semesters zur Verfügung gestellt.
Kommentar	Studienarbeit zur parametrisierten Konzeptmodellierung und Simulation. Selbstständige Erstellung eines parametrisierten Geometriemodells mit Ausleitung konstruktiver Varianten.
Stand: 13.02.2023	

FEM 1.7 Fortgeschrittene Methoden der Regelungstechnik

Modulbezeichnung	Fortgeschrittene Methoden der Regelungstechnik **(FEM 1.7)**
engl. Modulbezeichnung	Advanced Methods of Control Engineering
Fachgruppe	Regelungstechnik
Lfd. Nr.	**FEM 1.7**
Modulverantwortung	Nitzsche
Weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (WiSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Pflichtmodul FEM, Wahlpflichtmodul MBM und TBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	Seminaristischer Unterricht, 3,5 SWS, Übung 0,5 SWS selbstgesteuertes Lernen,
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 45 (mit integriertem Praktikum von15), Eigenstudium: 135
Leistungspunkte	6
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Regelungs- und Steuerungstechnik, Elektronik, Mess- und Regelungstechnik, Ingenieurinformatik
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	Die Studierenden erhalten die für Entwicklung und Einsatz mechatronischer Systeme in Fahrzeugen erforderlichen methodischen und fachlichen Qualifikationen. Das Modul vertieft die Kenntnisse in analoger und digitaler Regelungs-technik und vermittelt neue Methoden zur Modellierung und Optimierung komplexer dynamischer Systeme. Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse der analogen und digitalen Regelungstechnik, von der Modellierung im Zeit- und im Frequenzbereich bis hin zu optimierungsbasierten Regelungsansätzen. Dazu gehört auch das Wissen über die Funktionsweise und den Entwurf Neuronaler Netze. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, regelungstechnische Aufgabenstellungen durch KI-Modelle abzubilden, diese kritisch zu hinterfragen und zu bewerten
Inhalt	Mathematische Modellierung dynamischer Systeme • Lineare physikalische Grundsysteme im Zeit- und Frequenzbereich • Zustandsraumdarstellung und Signalflußbild • Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit von Systemen • Modellierung im Frequenzbereich • Zusammenhang Zustandsraumdarstellung – Übertragungs-funktion

	Systemanalyse, Synthese und Optimierung von Regelkreisen • Zustandsregelung • Passive und aktive Stabilitätserhöhung dynamischer Systeme • Methoden zur Analyse des Regelkreisverhaltens • Reglerauslegung und Optimierung durch Polvorgabe und nach verschiedenen Gütekritrien • Beobachterkonzepte und Grundzüge des Kalman-Filters • Modellprädiktive Regelung Digitale Regelung • Mathematische Grundlagen der Abtastregelung • Beschreibung digitaler Regelkreise im Bildbereich der z-Transformation, Tustin-Transformation • Entwurfsverfahren digitaler Regler • Stabilitätsanalyse der Abtastregelung Neuronale Netze • Arbeitsweise Neuronaler Netzwerke • Einblick in unterschiedliche Lernverfahren • Training eines Neuronalen Netzes • Einsatz unterschiedlicher Netzwerke in der Regelungstechnik Anwendungen aus den Bereichen • Fahrdynamikregelung
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literatur	Dörrscheidt, Latzel: Grundlagen der Regelungstechnik, Teubner Verlag Stuttgart Anatoli Makarov: Regelungstechnik und Simulation, Vieweg Verlag O. Föllinger: Lineare Abtastsysteme, Oldenbourg Verlag München O. Föllinger: Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung VDE Verlag J. M. Maciejowski: Predictive Control Pearson Education R. Rojas: Theorie der Neuronalen Netze, Springer Verlag Berlin A. Zell: Simulation neuronaler Netze, Oldenbourg Verlag Goodfellow et al: Deep Learning MIT Press, http://www.deeplearningbook.org
Stand: 30.06.2021	

FEM 1.9 Mehrkörpersysteme

Modulbezeichnung	**Mehrkörpersysteme (FEM 1.9)**
engl. Modulbezeichnung	Multibody systems
Fachgruppe	Mechanik
Lfd. Nr.	**FEM 1.9**
Modulverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Peter Wolfsteiner
Weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (WiSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Pflichtmodul FEM, Wahlpflichtmodul MBM, FAM und TBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	Seminaristischer Unterricht, 2,8 SWS und Übung, 1,2 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: ca. 20h, Praktikum: ca. 30h, Übungsaufgaben und Leistungsnachweise ca. 100h, Eigenstudium: ca. 30h
Leistungspunkte	6
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Mechanik einfacher Mehrmassenschwinger und der Methoden zu ihrer Analyse, lineare Dynamik Grundlagen der räumlichen Kinematik und Kinetik Grundlagen Programmierung
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	Studierende erlangen auf angemessenem wissenschaftlichem Niveau die für die Modellbildung und Simulation nichtlinearer dynamischer mechanischer (insbesondere mechatronischer) Systeme erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten. Sie können Methoden zur Analyse komplexer, nichtlinearer, räumlicher Mehrkörpersysteme anwenden und lernen deren physikalisches Verhalten zu verstehen und Simulationsergebnisse zu interpretieren. Studierende verstehen zugrundeliegende Modelle sowie deren mathematische und numerische Beschreibung. Sie können das Ineinandergreifen angrenzender Fachdisziplinen (hier z.B. Regelungstechnik) verstehen. Studierenden können diese Methoden eigenständig auf komplexe, nichtlineare, räumliche Problemstellungen anwenden und können diese zu anderen simulatorischen Vorgehensweisen im Bereich der Mechanik und vergleichbaren Fachgebieten abgrenzen. Sie lernen, diese Methoden zu abstrahieren, um sie auf andere Fachgebiete zu übertragen. Ausgehend vom spezifischen Umfang des Moduls erweitern Studierende ihr Abstraktionsvermögen hinsichtlich vergleichbarer Problemstellungen (reale

	Problemstellung / Modellbildung / mathematische Beschreibung / numerische Simulation / Interpretation der Ergebnisse) auf hohem Niveau. Studierende trainieren die Fähigkeit Simulationsergebnisse kritisch zu beurteilen und mögliche Fehlereinflüsse zu hinterfragen. Studierende können die Einordnung simulatorischer Verfahren im Entwicklungsprozess beurteilen. Durch die Praktika trainieren Studierende die Fähigkeit, sich entsprechende Problemstellungen unter Zuhilfenahme verschiedenster Quellen und Unterstützungssysteme selbständig zu erschließen. Studierende erlangen die Fähigkeit entsprechende fachliche Inhalte mündlich und schriftlich zu kommunizieren und Lösungsmöglichkeiten im Team zu entwickeln und zu präsentieren.
Inhalt	In Vorlesung und Praktikum werden die theoretischen Grundlagen der Mehrkörpermechanik vermittelt und deren konkrete Anwendung und numerische Umsetzung mit geeigneter Software vermittelt. Inhalte der Vorlesung: • Grundlagen der räumlichen Kinematik und Kinetik • Struktureller Aufbau von Mehrkörpersystemen • Herleitung der nichtlinearen Bewegungsgleichungen von Mehrkörpersystemen • numerische Lösungsverfahren, Fouriertransformation • Linearisierung, Modaltransformation Praktikum: • Modellierung und Simulation typischer Lehr- und Anwendungsbeispiele aus den Bereichen Maschinenbau und Fahrzeugtechnik
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literatur	Eich-Soellner, E.; Führer, C.: Numerical Methods in Multibody Dynamics, Teubner, 1998. Hauger, W. u.a.: Technische Dynamik 3, Springer Verlag. Huston, R. L.: Multibody Dynamics, Butterworth-Heinemann, 1990. Pfeiffer, F.: Einführung in die Dynamik. Teubner, 1989 Pfeiffer F., Glocker Ch.: Multibody Dynamics with Unilateral Contacts. Pietruszka, W. D.: MATLAB in der Ingenieurpraxis. Teubner, 2005. Roberson, R. E.; Schwertassek, R.: Dynamics of multibody systems, Springer, 1988. Schiehlen, W.; Eberhard, E.: Technische Dynamik. Teubner, 2004.

	Shabana, A.: Dynamics of Multibody Systems, Cambridge University Press, 2005. Ulbrich, H.: Maschinendynamik, Teubner, 1996.
Stand: 30.06.2021	

MBM 2.5 Wärme- und Stoffübertragung

Modulbezeichnung	**Wärme- und Stoffübertragung**
engl. Modulbezeichnung	Heat and Mass Transfer
Fachgruppe	Energietechnik
Lfd. Nr.	**MBM 2.5**
Modulverantwortung	Prof. Dr. A. Gubner
weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Wahlpflichtmodul TBM und MBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./135 Std.
Leistungspunkte	6
Vorausgesetzte Kenntnisse	Thermodynamik und Wärmeübertragung I
Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)	• Erlangung wissenschaftlicher Kompetenz in der Wärme- und Stoffübertragung • Nennen und erklären der zentralen Gesetzmäßigkeiten des diffusiven und konvektiven Stoff- und Wärmetransport • Berechnung von Konzentrationsprofilen und Flüssen für Diffusions- und Konvektionssituationen • Herleiten der Grundgleichungen für transiente und ein dimensionale Situationen und ihre Anwendung • Erläutern und Anwenden der Wärmeleitungsgleichung für die numerische Behandlung geometrisch mehrdimensionaler Fälle • Nennen der wichtigsten Stoffübergangsmodelle und ihre Berechnungsgrundlagen
Inhalt	Es werden die Grundlagen für die Wärme- und Stofftransportmechanismen hergeleitet, wobei auf die wissenschaftliche Systematik bei der Modellbildung besonders Wert gelegt wird. Das beinhaltet transiente, geometrische mehrdimensionale Wärmeleitung mit numerischen für die resultierenden PDEs, Diskussion von Grenzschichten, Wärmeübergang bei Phasenwechsel (Sieden und Kondensieren), Strahlungsaustausch und Überlagerung von konvektivem und diffusivem Stofftransport.
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripten	• Baehr, Stephan, Wärme- und Stoffübertragung, Springer • Bird, Steward, Lightfoot Transport Phenomena, Wiley

	• Incropera, de Witt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Wiley
Stand: 30.07.2024	

MBM 2.8 Projektarbeit

Modulbezeichnung	**Projektarbeit**
engl. Modulbezeichnung	Independent Study
Fachgruppe	alle
Lfd. Nr.	**MBM 2.8**
Modulverantwortung	Prof. Dr. Frank Palme
Weitere Lehrende	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (WiSe/SoSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Wahlpflichtmodul MBM, FAM, LRM, FEM, TBM, abhängig von der Aufgabenstellung auch Hochschulzertifikat „Nachhaltiges Denken, verantwortliches Handeln“
Art der Lehrveranstaltung, SWS	Selbstständige Arbeit
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std. / 135 Std.
Leistungspunkte	6
Empfohlene Voraussetzungen	Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen des Bachelorstudiums
Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)	Die Projektarbeit vermittelt die für das Arbeiten in Projekt-teams erforderlichen fachübergreifenden Qualifikationen. An konkreten Aufgabenstellungen werden die Projekterfahrungen im Hinblick auf Verantwortlichkeit, Lösungs- und Entscheidungsfindung vertieft. Ingenieurwissenschaftliche Problemstellungen können so über Methoden der Projektorganisation selbständig in analytische Wirkketten, Simulationsmodelle, Konstruktionen, Abläufe oder Aufbauten übertragen und anhand von Simulationen/Verifikationen/Versuchsergebnissen validiert werden. Die Studierenden • haben Kenntnisse über den Ablauf und die Methoden zur Planung, Steuerung und Validierung von Projekten • üben interdisziplinäre Teamfähigkeit, Systemdenken und soziale Kompetenz • erfahren, erkennen und steuern gruppendynamische Prozesse • sind in der Lage, eine Aufgabenstellung in kleinen Gruppen selbständig zu analysieren, zu strukturieren sowie praxisgerecht in Arbeitspaketen zu lösen • entwickeln die Kompetenz, Verantwortung und Initiative im Team zu übernehmen und andere zu motivieren • sind auf diese Weise in der Lage, Wissen, Fähigkeiten und Kompetenzen in Teamarbeit selbständig zu erarbeiten • erkennen dabei mögliche Problemsituationen (z.B. mangelnde Abstimmung, Verzögerungen) und entwickeln passende Lösungsstrategien

	• sind in der Lage, das Erarbeitete zu dokumentieren und anderen zu präsentieren.
Inhalt	• Definition der Projektziele, Festlegung der Anforderungen, Erstellung von Teamkommunikationsstrukturen • Strukturierung der Projektinhalte unter technischen, kausalen und zeitlichen Aspekten • Einrichten von Arbeitspaketen und Festlegen von Verantwortlichkeiten unter den Teammitgliedern • Erstellung des Projektplans (Teilaufgaben, Arbeitspakete, Zeitplan, Meilensteine, etc.) • Beschaffung und Auswertung von Informationen (z.B. Recherche zu benötigten Projektdaten, Stand der Technik) • Erarbeitung, Bewertung, Auswahl und Realisierung von Lösungen (z.B. Anfertigen von Konstruktionen, Simulationen, Erstellen von Aufbauten, Durchführen von Versuchen bzw. Missionen) • Erstellen eines Abschlussberichts zur Dokumentation von Konzeption, Ausführung und Ergebnissen mit Präsentation
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripte	Hering, E.: Projektmanagement für Ingenieure. Springer, Wiesbaden (2014) Kunow, A.: Projektmanagement und Technisches Coaching. Hüthig (2005) International Council on Systems Engineering (INCOSE): Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities. Wiley, Hoboken (2015)
Stand: 30.06.2021	

MBM 2.9 Applied Machine Learning and Deep Learning

Module title/ *Module number*	**Applied Machine Learning and Deep Learning** **MBM 2.9**
German module title	Anwendung des maschinellen Lernens und des Deep Learnings
Module Coordinator	Prof. Dr. Marcin Hinz
Other lecturers	N.N.
Language	English
Assignment to curricula (Term)	Master TBM, Semester 1/2, summer term
Usability in this programme / in other programmes / in certificates	Elective Course Master MBM and TBM
Type of course, SWS (semester hours per week)	Lecture (SU): 2 SWS, Exercise (Ü): 2 SWS
Workload in hours	Presence: 45 h – Self study: 135 h
Credit points	6
Recommended prerequisites	• Basic programming skills (preferably in Python) • Engineering mathematics
Course objectives *(Skills and competences)*	In this course students will learn how machine learning and deep learning techniques can be applied to extract knowledge from complex data of technical systems. The course combines an introduction and application of foundational concepts in data science with hands-on exercises that show how to practically apply data analytics techniques using state-of-the-art python packages for data analysis, machine learning, deep learning, and visualisation. During the weekly exercise sessions, students will get a hands-on introduction to machine learning and deep learning with python using state-of-the-art tools and libraries. Students will be able to define a data driven problem and find the adequate solution based on the presented techniques and algorithms. Furthermore, they will be able to implement sufficient algorithms as well as interpret the model accuracy and discuss the final results.
Content	Supervised learning: • Decision Tree • Random Forest • Support Vector Machines • Feedforward Neural Networks • Convolutional Neural Networks • Recurrent Neural Networks Unsupervised learning: • k-means • Hierarchical clustering • Density based model – DBSCAN

	• Gaussian Mixture Model
Exam	Exam according to the legal framework of the degree program in which this course is offered. Approved aides for the examination will be published by means of the examination announcement.
Media used in lectures	Blackboard, Beamer, Software for ML and DL Algorithms: Anaconda, Jupyter Notebook, Spyder, Programming language: Python
Seminar notes, recommended textbook	• Script for download for enrolled students • Selected scientific papers supplied by moodle during the lecture
Literature	• Bishop, C. M.: 2006, Pattern recognition and machine learning, Computer science, Springer, New York, NY. • Dulhare, U., Ahmad, K. and Bin Ahmad, K.: 2020, Machine Learning and Big Data, 1st edition edn, Wiley-Scrivener and Safari, Boston, MA. • Guyon, I., Gunn, S., Nikravesh, M. and Zadeh, L. A. (eds): 2006, Feature extraction: Foundations and applications, Vol. 207 of Studies in fuzziness and soft computing, Springer, Berlin and Heidelberg and New York. • McKinney, W.: 2018, Python for data analysis: Data wrangling with Pandas, NumPy, and IPython, second edition, fourth release edn, O'Reilly, Beijing and Boston. • Prakash, K.B., Kanagachidambaresan, G.R. (eds): Programming with TensorFlow. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer • Shalev-Shwartz, S. and Ben-David, S.: 2014, Understanding machine learning: From theory to algorithms, Cambrige University Press, Cambridge and New York. • VanderPlas, J.: 2016, Python data science handbook: Essential tools for working with data, Python / Data, first edition edn, O'Reilly, Beijing and Boston.
Status: 26.07.2023	

FAM 3.1 Crash-Simulation von Fahrzeugstrukturen

Module name (German)	Crash-Simulation von Fahrzeugstrukturen
Module name (English)	**Impact simulation of vehicle structures**
Specialist group	Mechanics
No.	***FAM 3.1***
Responsible for module	Prof. Dr.-Ing. Markus Gitterle
Further lectors	N.N.
Language	English
Assignment to curricula (Term)	Master TBM, Semester 1 and 2 (Summer)
Usability in this course /in other courses	Elective Course TBM Specialisation modul FAM Elective Course for International Students Elective Course for MUAS Students
Type of Course, SWS	SU (Lecture): 2 SWS, Ü (Exercise): 1 SWS, PR (Lab): 1 SWS
Effort in hours	Attendance/Study/Project 60/60/60 hrs.
Credit points	6
Recommended qualifications	Engineering Mechanics, Dynamics, Advanced Mechanics of Materials, Basics of Material Engineering, Introduction into FEM
Educational objective *(Professional skills and expertise)*	• Profound understanding of nonlinearities in solid mechanics. • Profound understanding of solution methods for nonlinear problems. • Profound understanding of methods for time integration for dynamic problems. • Ability to choose an appropriate numerical method for the solution of a problem setting in the field of nonlinear dynamics. • Ability to perform basic impact simulations with a commercial code (lab). • Ability to validate results of numerical impact simulations and to asses towards plausibility. • Ability to integrate impact/crash simulations into the development process in a constructive manner.
Content	• Nonlinearities in solid mechanics (general, geometrical nonlinearities, nonlinear materials, contact and friction). • Methods for numerical treatment of nonlinearities, focal point on contact nonlinearities. • Methods for discretization in time, implicit and explicit methods, requirements for numerical simulation of highly dynamic problems (impact, crash). • Application of methods learnt with a commercial code (LS-DYNA), examples with main focus on crash analysis, validation on basis of analytical methods.

Exam	Exam according to the legal framework of the degree program in which this course is offered. Approved aides for the examination will be published by means of the examination announcement.
Media used in lectures	Tablet, Beamer, Software for Finite-Element Analysis.
Literature/seminar notes	• Script for download for enrolled students. • S.R. Wu, L. Gu: Explicit finite element method for non-linear transient dynamics, Wiley 2012. • S.J. Hiermeier: Structures under Crash and Impact, Springer 2008. • T. Belytschko, W.K. Liu, B. Moran, K.I. Elkhodary: Non-linear finite elements for continua and structure, Wiley, 2014.
Stand: 30.06.2021	

LRM 2.1 Aeroelastik

Modulbezeichnung	**Aeroelastik**
engl. Modulbezeichnung	Aeroelasticity
Fachgruppe	Mechanik
Lfd. Nr.	**LRM 2.1**
Modulverantwortung	Prof. Dr.-Ing. Manuel Pusch
weitere Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Simon N.N.
Sprache	Deutsch/Englisch
Zuordnung zum Curriculum (Turnus)	Master TBM, 1./2. Semester (WiSe)
Verwendbarkeit im weiteren Studienablauf / in anderen Studiengängen / in Zertifikaten	Wahlpflichtmodul LRM, TBM
Art der Lehrveranstaltung, SWS	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 h
Leistungspunkte	6
Vorausgesetzte Kenntnisse	Mathematik, Technische Mechanik, FEM, Aerodynamik, Flugmechanik, Grundkenntnisse in der Programmierung mit Matlab oder GNU/Octave
Lernziele *(Fertigkeiten und Kompetenzen)*	• Die Studierenden verstehen die Wechselwirkungsphänomene und –mechanismen zwischen Strömungen und elastischen Strukturen. • Die Studierenden verstehen die Grundprinzipien der Modellierung flexibler Strukturen mit Hilfe analytischer und numerischer Verfahren. • Die Studierenden beherrschen die Skeletttheorie zur Berechnung der Druckverteilung von Profilen. Sie können das numerische Verfahren der diskreten Wirbel sicher anwenden. • Die Studierenden verstehen das Wirbelgitterverfahren zur Berechnung der Druckverteilung von Auftriebsflächen und können es sicher anwenden. • Die Studierenden können die Standardmethoden der Aeroelastik sicher anwenden und die Ergebnisse korrekt interpretieren. Sie kennen die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der Methoden und die Grenzen. • Die Studierenden verstehen die Grundprinzipien aktiv geregelter aeroelastischer Systeme
Inhalt	• Methoden der linearen Strukturdynamik, insbesondere Modalanalyse • Aerodynamische Methoden der Aeroelastik: vertiefte Behandlung des Wirbelgitterverfahrens, Grundlagen zur Doublet-Lattice-Methode und Blade-Element-Methode • Mathematische Beschreibung der Kopplung zwischen

	Strömung und Struktur, Splines • Methoden der statischen Aeroelastik: Trim-Analysen, aerodynamische Lasten am flexiblen Flugzeug, Ruderwirksamkeit, statische Divergenz • Methoden der dynamischen Aeroelastik: Flattern, Böenlasten, Manöverlasten • Aktive Regelung von Aeroelastischen Systemen: Lastabminderung und Flatterunterdrückung Die überwiegend heuristischen numerischen Verfahren werden anhand der zugrundeliegenden Modellvorstellungen erklärt. Auf diese Weise werden auch die Grenzen der Anwendbarkeit deutlich. Besonderer Wert wird auf die Kontrolle der Qualität der Ergebnisse gelegt. Übungsaufgaben werden mit dem selbst entwickelten, auf GNU/Octave basierenden Programmbaukasten Mefisto durchgeführt.
Prüfung	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan, zugelassene Hilfsmittel gemäß Prüfungsankündigung
Literaturhinweise/Skripten	• Wright, Cooper, *Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads*, Wiley 2007 • Bisplinghoff, Ashley, Halfman, *Aeroelasticity*, Dover 1996 • Försching, *Grundlagen der Aeroelastik*, Springer, 1974Campanile, Righi, Grundlagen der klassischen Aeroelastik, 2024 • Eigene Lehrmaterialien zum Download
Stand: 30.07.2025	

6 Masterarbeit

Die Masterarbeit gilt als Prüfungsleistung des dritten Studiensemesters. Die Masterarbeit beinhaltet eine schriftliche Ausarbeitung und eine Präsentation. Beides geht in die Gesamtnote ein Die Masterarbeit kann frühestens zu Beginn des 2. Semesters im Vollzeitstudium (frühestens zu Beginn des 3. Semesters im Teilzeitstudium) ausgegeben werden, wobei die Regelungen der Studien- und Prüfungsordnung (SPO) in der gültigen Fassung zusätzlich zu beachten sind (z.B. bzgl. Mindestanforderungen an bereits erfolgreich nachgewiesener Leistungspunkte).

Die wissenschaftliche Betreuung von Masterarbeiten muss durch eine/einen Lehrenden der FK03 als Erstprüfer*in erfolgen.

Die Masterarbeit soll möglichst in der Bibliothek der Hochschule München veröffentlicht werden. Hierfür ist grundsätzlich eine schriftliche Bestätigung mit Unterschrift evtl. beteiligter Unternehmen, des/der Erstkorrektors/in sowie des Studierenden und ein weiteres gedrucktes und gebundenes Exemplar der Arbeit vorzulegen. Veröffentlichung in der Bibliothek ist jedoch freiwillig.

Die Masterarbeit in diesem Studiengang erfordert grundsätzlich eine Zweitprüfung. Erst- oder Zweitprüferinnen/Zweitprüfer müssen Lehrende im Studiengang TBM sowie beide Prüfer berufene Professoren an einer Hochschule oder Universität sein.

Masterarbeiten stellen Projekte signifikanten Umfangs für umfassende, große Aufgabenstellungen dar, wie sie in den Modulen in der Regel in dieser Tiefe nicht behandelt werden können. Es ist didaktisches Konzept des Studiengangs, dass andere Studierende an diesen Erfahrungen teilhaben können und sollen. Aus diesem Grund sind die Kolloquien mit Vortrag und Diskussion grundsätzlich öffentlich.