

Modulhandbuch

Masterstudiengang

Technische Berechnung und Simulation (Computational Engineering)

TBM

(Stand: 25.01.2018, gültig ab Sommersemester 2018)

1. Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis	2
2.	Beschreibung der Pflichtmodule.....	3
	TBM 1.1a Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik	3
	TBM 1.2a Management von Unternehmen, Projekten und Wissen.....	5
	TBM 1.3 Numerische Methoden	6
	TBM 1.4 Strukturanalyse	8
	TBM 1.5 Fatigue & Fracture (Ermüdungsfestigkeit)	10
	FEM 1.9 Mehrkörpersysteme	14
	TBM 3 Masterarbeit.....	16
3.	Beschreibung der Wahlpflichtmodule	18
	TBM 2.1 Angewandte Methoden der Optimierung.....	18
	TBM 2.2 Programmierung von CAx-Systemen	19
	TBM 2.3 Faserverbundstrukturen	21
	TBM 2.4 Strukturdynamik.....	22
	TBM 2.5 Numerische Strömungsmechanik CFD	24
	TBM 2.6 Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen.....	25
	MBM 2.8 Projektarbeit.....	27
	FAM 3.1 Crash-Simulation von Fahrzeugstrukturen	29
	LRM 2.1 Aeroelastik	31

2. Beschreibung der Pflichtmodule

TBM 1.1a Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik

<i>Modulbezeichnung</i>	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Advanced Mathematics and Basics of Numerical Analysis
<i>Fachgruppe</i>	Mathematik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 1.1a
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr. habil. G. Schlüchtermann
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul für TBM, FAM, FEM, LRM, MBM (WiSe/SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 6 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 65 Std./145 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	7 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Mathematik des Bachelors (z.B. Ingenieurmathematik I,II)
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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)
<i>Inhalt</i>	<ol style="list-style-type: none"> 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
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Schriftliche Prüfung (90 Minuten), Zulassungsvoraussetzung: erfolgreiches Ablegen eines Testats in Numerik
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Arendt, Urban, Partielle Differentialgleichungen, 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 Differentialgleichungen, 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“;
<i>Kommentar</i>	Es wird empfohlen, die Vorlesung „Numerische Methoden“ begleitend zu besuchen
<i>E-Mail</i>	gschluec@hm.edu
<i>Verwendete Software</i>	MATLAB, OpenSource Plattformen

TBM 1.2a Management von Unternehmen, Projekten und Wissen

<i>Modulbezeichnung</i>	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Management of Business, Projects and Knowledge
<i>Fachgruppe</i>	
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 1.2a
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr. Julia Eiche
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul TBM, FAM, FEM, LRM, MBM (WiSe/SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./105 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	5 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Grundlagen Betriebswirtschaftslehre, Betriebsorganisation
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<p>Die Studierenden erhalten Einblick in die Dimensionen erfolgreicher Unternehmensführung, lernen Methoden strategischer Unternehmensführung kennen sowie die Herausforderungen des Führens internationaler und interkultureller Teams. Sie erhalten Einblick in einschlägige Markt- und Unternehmensentwicklungen und erleben konkrete Herausforderungen der Führung eines Unternehmens im Rahmen eines Planspiels.</p> <p>Die Studierenden erlernen die Ansätze erfolgreichen Projektmanagements und begreifen die Bedeutung und die Herausforderungen erfolgreichen Wissensmanagements in Unternehmen.</p>
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Unternehmensführung (Grundlagen, normatives, strategisches und operative Unternehmensführung, internationales Management, Controlling, Personalführung, etc.) - Projektmanagement (Methoden, Instrumente und Ebenen des Projektmanagements; Projektphasen) - 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
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Schriftliche Prüfung (90 Minuten)
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	julia.eiche@hm.edu

TBM 1.3 Numerische Methoden

<i>Modulbezeichnung</i>	Numerische Methoden
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Numerical Methods
<i>Fachgruppe</i>	Mathematik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 1.3
<i>Modulverantwortliche</i>	Prof. Dr.-Ing. Katina Warendorf
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul TBM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 2 SWS, Ü: 2 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./135 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematik des Bachelors (Ingenieurmathematik I,II) • insbesondere Kenntnisse über Anfangswertprobleme für gewöhnliche Differenzialgleichungen • das Modul Höhere Mathematik sollte parallel oder vorher belegt werden
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	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.
<i>Inhalt</i>	In Seminaristischem Unterricht und Übung werden die theoretische Analyse numerischer Verfahren und deren Umsetzung vermittelt. Inhaltlich wird insbesondere auf folgende Verfahren eingegangen: <ul style="list-style-type: none"> • Quadratur- und Extrapolationsverfahren • Explizite und implizite Verfahren zur Lösung von gewöhnlichen Differenzialgleichungen und Differenzialgleichungssysteme (Anfangswert- und Randwertprobleme) • Numerische Verfahren zur Lösung von partiellen Differenzialgleichungen
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Schriftliche Prüfung (90 Minuten)
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Unterlagen zum Download für eingeschriebene SeminarteilnehmerInnen • Munz, Westermann. Numerische Behandlung von gewöhnlichen und partiellen Differenzialgleichungen, Springer, 3. Auflage 2012

	<ul style="list-style-type: none"> • Dahmen, Reusken. Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer-Verlag, 2. Auflage 2008 <p>Ergänzend:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scholz, Daniel, Numerik Interaktiv, Springer Spektrum, 2016 • Thuselt, Frank, Gennrich, Friedrich, Praktische Mathematik mit MATLAB, Scilab und Octave für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer, 2013.
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	warendorf@hm.edu

TBM 1.4 Strukturanalyse

<i>Modulbezeichnung</i>	Strukturanalyse
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Structural Mechanics
<i>Fachgruppe</i>	Mechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 1.4
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. A. Fritsch
<i>weitere Dozenten</i>	-
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul TBM, Wahlpflichtmodul MBM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 3 SWS Pr: 1 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./135 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Technische Mechanik, Festigkeitslehre, Höhere Festigkeitslehre, Einführung FEM
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<p>Den Studierenden werden tiefere Kenntnisse in der Strukturmechanik bzw. Kontinuumsmechanik sowie in der algorithmischen Behandlung nichtlinearer Fragestellungen vermittelt.</p> <p>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.</p> <p>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 \mathbf{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 leistungskonjugierten Spannungstensoren (Cauchy-, 1. und 2. Piola-Kirchhoffscher Spannungstensor) eingeführt und mit ihnen die Erhaltungsgleichungen der Mechanik formuliert.</p> <p>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.</p>
<i>Inhalt</i>	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.
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Schriftliche Prüfung (90 Minuten)
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen Unterlagen, Taschenrechner
<i>Literaturhinweise/Skripten (fett gedruckte Literatur ist für die Vorlesung besonders empfohlen!)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Fritsch: Skript „Strukturanalyse“, März 2015 • Gross, Hauger, Wriggers: <i>Technische Mechanik, Band4, Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden</i>. Springer Verlag, 2009. • Bonet J., Wood R.: <i>Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis</i>. Cambridge University Press, 2nd edition, 2008. • Holzapfel G. A.: <i>Nonlinear Solid Mechanics</i>. John Wiley & Sons, 2000. • Reddy J. N.: <i>An Introduction to Continuum Mechanics</i>. Cambridge University Press, 2nd edition, 2013. • Zienkiewicz, Taylor, Zhu : <i>The Finite Element Method. Its Basis and Fundamentals</i>. Butterworth Heinemann; Auflage: 6th ed.,2005 • J. Altenbach and H. Altenbach. Einführung in die Kontinuumsmechanik. Teubner Studienbücher, Stuttgart, 1994 • Zienkiewicz, Taylor: <i>The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics</i> . Butterworth Heinemann; Auflage: 6th ed.,2005. • Wriggers: <i>Nonlinear Finite Element Methods</i> . Springer Verlag, 2009.
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	armin.fritsch@hm.edu

TBM 1.5 Fatigue & Fracture (Ermüdungsfestigkeit)

<i>Modulname (German)</i>	Ermüdungsfestigkeit
<i>Module name (English)</i>	Fatigue & Fracture
<i>Fachgruppe</i>	Mechanics
<i>No.:</i>	TBM 1.5
<i>Responsible for Module</i>	Prof. Dr.-Ing. Klemens Rother
<i>Language</i>	English
<i>Assignment to curricula (Term)</i>	Mandatory Course Master TBM Elective Course Master MBM Elective Course for International Students Elective Course for MUAS Students (Winter and Summer)
<i>Type of Course, SWS</i>	SU (Lecture): 4 SWS, Ü (Exercise): 0 SWS
<i>Effort in hours</i>	Attendance/Study 45 hrs./145 hrs.
<i>Credit points</i>	6 ECTS
<i>Prerequisites according to „Prüfungsordnung“</i>	See „Studienplan Masterstudiengang TBM“
<i>Recommended qualifications</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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, ...)
<i>Educational objective (Professional skills and expertise)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge about damage mechanisms for cyclic loading. • Ability to estimate strength of cyclic loaded structures. • Become acquainted with different methods of analytical fatigue and fracture assessment and judge differences. • Realize and evaluate the statistical character of fatigue failure. • Apply methods for purpose of proving structural integrity, judging failures, qualification of structures or manufacturing defects for instance. • Using case studies students will apply the methods by themselves and should deepen the knowledge by literature research and studies by themselves including discussion 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.
<i>Content</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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

	<ul style="list-style-type: none"> • Statistical methods for assessment of fatigue tests and analytical procedures to proof structural integrity.
<i>Exam (Type, Duration)</i>	Written exam, 90 minutes
<i>Authorized means for exam</i>	<ul style="list-style-type: none"> • All own printed material/books, pocket calculator, ruler and compass • Computers, smartphones, smartwatches or other equipment with internet access are not allowed
<i>Media used in lectures</i>	Blackboard, Beamer, Microsoft Excel, Software for Finite-Element-Analysis and fatigue analysis
<i>Seminar notes, recommended textbook</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Script for download for enrolled students. • Dowling, Norman: Mechanical Behavior of Materials. 4th Ed., Pearson Education, London, 2013
<i>Literature</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
<i>E-Mail</i>	Klemens.rother@hm.edu

<i>Modulbezeichnung</i>	Ermüdungsfestigkeit
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Fatigue & Fracture
<i>Fachgruppe</i>	Mechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 1.5
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Klemens Rother
<i>Sprache</i>	Englisch
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Pflichtmodul Masterstudiengang TBM, Wahlpflichtmodul MBM (WiSe/SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 4 SWS, Ü: 0 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 60 Std./120 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Voraussetzungen nach Prüfungsordnung</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang TBM
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse der Elastostatik und der Höheren Festigkeitslehre • Durchführung von linearelastischen Finite-Elemente-Analysen • Grundlagen der Werkstoffkunde • Anwendung von Software für Tabellenkalkulation und/oder Computeralgebra (z.B. MS Excel, MATLAB, MATHCAD, o.ä)
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kennenlernen der Versagensmechanismen bei zyklischen Beanspruchungen. • Befähigung, die Festigkeit zyklisch beanspruchter Strukturen durch Betriebsbelastungen zu bewerten. • Kennenlernen und Anwendung von verschiedenen Methoden zu rechnerischen Verfahren der Ermüdungsfestigkeit und (optional) der Bruchmechanik. • Erkennen und Bewerten des statistischen Charakters des Ermüdungsverhaltens von Bauteilen und experimentellen Nachweisen. • Anwendung der Methoden zur Bemessung und rechnerischen Qualifizierung von Konstruktionen, zur Beurteilung von Bauteilschäden, aber auch für die Beurteilung der Zulässigkeit von Fertigungsfehlern. • Anhand von Fallstudien im Rahmen von selbstständiger Projektarbeit führen die Studierenden die vermittelten Methoden selbst durch und vertiefen die im Seminar vermittelten Kenntnisse durch eigene Literaturrecherchen und Studium und diskutieren die Ergebnisse im Seminar. • Im Seminar wird der verantwortungsvolle Umgang mit dem Schadensrisiko „Bauteilermüdung“ und professioneller Umgang mit notwendigen Praktiken in der Entwicklung und Qualifizierung ermüdungsgefährdeter und sicherheitsrelevanter Strukturen vermittelt.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Studie von Schadenfällen der Industrie • Werkstoffmechanische Aspekte des Ermüdungsschadens • Einflussgrößen auf die Bauteilermüdung

	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse von Beanspruchungen für die Bewertung von Bauteilmüdung sowie Bestimmung bruchmechanischer Parameter • Beschreibung von Belastungen und Beanspruchungen (Zählverfahren, Kollektive) • Spannungsbasierte Berechnungskonzepte • Dehnungsbasierte Berechnungskonzepte • (optional) Bruchmechanische Bewertungskonzepte • Anwendung von statistischen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden für die Auswertung und Bewertung von Versuchen und analytischen Betrachtungen.
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Schriftliche Prüfung (90 Minuten)
<i>Medienformen</i>	Tafel, Beamer, Microsoft Excel, Software für Finite-Element-Analysen und Lebensdauerbewertungen
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Alle eigenen geschriebene oder gedruckten Unterlagen, Bücher, Taschenrechner, Lineal, Zirkel. • Keine Computer, Smartphones, Smartwatches oder andere Geräte mit Internetzugriff.
<i>Skript</i> <i>Buch zur Lehrveranstaltung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Unterlagen zum Download für eingeschriebene Seminarteilnehmer. • Dowling, Norman: Mechanical Behavior of Materials. 4th Ed., Pearson Education, London, 2013
<i>Literaturhinweise</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Young-Li 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.
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	Klemens.rother@hm.edu

FEM 1.9 Mehrkörpersysteme

<i>Modulbezeichnung</i>	Mehrkörpersysteme (FEM 1.9)
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Multibody systems
<i>Fachgruppe</i>	Simulation
<i>Lfd. Nr.</i>	FEM 1.9
<i>Modulverantwortliche(r)</i>	Wolfsteiner
<i>Dozent(inn)en</i>	Wolfsteiner
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul FEM und TBM, Wahlpflichtmodul MBM und FAM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 2,8 SWS und Übung, 1,2 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: ca. 20h, Praktikum: ca. 30h, Übungsaufgaben und Leistungsnachweise ca. 100h, Eigenstudium: ca. 30h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Voraussetzungen nach Prüfungsordnung</i>	
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Grundlagen der Mechanik einfacher Mehrmassenschwinger und der Methoden zu ihrer Analyse, lineare Dynamik Grundlagen der räumlichen Kinematik und Kinetik Grundlagen Programmierung
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	Das Modul vermittelt auf angemessenem wissenschaftlichem Niveau die für Entwicklung und Einsatz nichtlinearer dynamischer mechanischer (insbesondere mechatronischer) Systeme erforderliche Methodenkompetenz auf dem Gebiet der Simulationstechnik. In diesem Modul werden die Methoden zur Behandlung komplexer, nichtlinearer, räumlicher Mehrkörpersysteme bereitgestellt und angewendet. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • haben vertiefte Kenntnisse der physikalischen Modellbildung von Mehrkörpersystemen sowie deren mathematischer und numerischer Umsetzung und Auswertung, • wissen, wie die Methoden der Mehrkörpersysteme im Rahmen der Regelungstechnik, Systemanalyse und –optimierung einzuordnen und anzuwenden sind, • sind in der Lage, diese Methoden eigenständig auf komplexe, nichtlineare, räumliche Problemstellungen anzuwenden • im Rahmen der Laborpraktika werden darüber hinaus Kommunikation, Teamarbeit und Präsentationsfähigkeit geübt.
<i>Inhalt</i>	In Vorlesung und Praktikum werden die theoretischen Grundlagen der Mehrkörpermechanik vermittelt und deren

	<p>konkrete Anwendung und numerische Umsetzung mit geeigneter Software vermittelt.</p> <p>Inhalte der Vorlesung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der räumlichen Kinematik und Kinetik • Struktureller Aufbau von Mehrkörpersystemen • Herleitung der nichtlinearen Bewegungsgleichungen von Mehrkörpersystemen • numerische Lösungsverfahren, Fouriertransformation • Linearisierung, Modaltransformation <p>Praktikum:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modellierung und Simulation typischer Lehr- und Anwendungsbeispiele aus den Bereichen Maschinenbau und Fahrzeugtechnik
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	schriftliche Prüfung (210 Min.)
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	
<i>Literatur</i>	<p>Eich-Soellner, E.; Führer, C.: Numerical Methods in Multibody Dynamics, Teubner, 1998.</p> <p>Hauger, W. u.a.: Technische Dynamik 3, Springer Verlag.</p> <p>Huston, R. L.: Multibody Dynamics, Butterworth-Heinemann, 1990.</p> <p>Pfeiffer, F.: Einführung in die Dynamik. Teubner, 1989</p> <p>Pfeiffer F., Glocker Ch.: Multibody Dynamics with Unilateral Contacts.</p> <p>Pietruszka, W. D.: MATLAB in der Ingenieurpraxis. Teubner, 2005.</p> <p>Roberson, R. E.; Schwertassek, R.: Dynamics of multibody systems, Springer, 1988.</p> <p>Schiehlen, W.; Eberhard, E.: Technische Dynamik. Teubner, 2004.</p> <p>Shabana, A.: Dynamics of Multibody Systems, Cambridge University Press, 2005.</p> <p>Ulbrich, H.: Maschinendynamik, Teubner, 1996.</p>

TBM 3 Masterarbeit

<i>Modulgruppe</i>	Masterarbeit
<i>Modulbezeichnung</i>	Master Thesis
<i>Kürzel</i>	TBM 3
<i>Modulverantwortliche(r)</i>	Prof. Dr.-Ing. P. Wolfsteiner
<i>Sprache</i>	Deutsch, Englisch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul TBM (WiSe/SoSe)
<i>Lehrform / SWS</i>	Selbstständige Arbeit
<i>Arbeitsaufwand</i>	900 Stunden für Bearbeitung, Dokumentation und Präsentation der Aufgabenstellung
<i>Kreditpunkte</i>	30 ECTS
<i>Voraussetzungen nach Prüfungsordnung</i>	Die Masterarbeit kann frühestens zu Beginn des 2. Semesters ausgegeben werden und erfordert den Nachweis von 24 ECTS aus den Pflichtmodulen. Siehe hierzu Studien- und Prüfungsordnung SPO.
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	
<i>Notwendige Voraussetzungen</i>	Die Bewilligung des Themas durch den Prüfungsausschuss des Studiengangs ist vor Beginn der Arbeit einzuholen. Siehe hierzu ergänzende Hinweise in dem nachfolgenden Kommentar.
<i>Lernziele / Kompetenzen</i>	<p>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.</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständige Bearbeitung einer anspruchsvollen, fachbezogenen Aufgabenstellung mit wissenschaftlichen Methoden • Planung und Durchführung der Teilaufgaben im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprozessen • Kritische Bewertung der Ergebnisse • Erstellung der schriftlichen Arbeit und der Präsentation
<i>Studien-/ Prüfungsleistungen</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang TBM Schriftliche Masterarbeit und Kolloquium
<i>Medienformen</i>	Projektor, Beamer
<i>Literatur</i>	Das Auffinden der für das Arbeitsthema geeigneten Fachliteratur und Recherche des Stands von Forschung und Technik zum Thema ist Teil der Aufgabenstellung.

<p><i>Kommentar</i></p>	<p>Die Masterarbeit sollte möglichst in der Bibliothek der Hochschule München veröffentlicht werden.</p> <p>Geheimhaltungsvereinbarungen werden von der Hochschule für diese Masterarbeiten nicht akzeptiert. Siehe hierzu weitere Hinweise und Formalitäten in der Homepage des Studiengangs.</p> <p>Die Masterarbeit ist für die Beurteilung durch Erst- und Zweitbetreuer</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) zweifach in gedruckter und gebundener Form (doppelseitiger Druck) sowie (2) in elektronischer Form (pdf) zuzüglich etwaiger Programmskripte etc. abzugeben. <p>Die Richtlinien zur Erstellung der Masterarbeit, wie auf der Homepage des Studiengangs angegeben, sind einzuhalten.</p> <p>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.</p>
<p><i>E-Mail</i></p>	<p>peter.wolfsteiner@hm.edu</p>

3. Beschreibung der Wahlpflichtmodule

TBM 2.1 Angewandte Methoden der Optimierung

<i>Modulbezeichnung</i>	Angewandte Methoden der Optimierung
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Applied Optimization
<i>Fachgruppe</i>	Mathematik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 2.1
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr. habil. G. Schlüchtermann
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul TBM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 2 SWS PR: 2 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./135 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Mathematik des Bachelors, Ingenieurmathematik I,II
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	In der Modulgruppe werden fortgeschrittene Kenntnisse im Bereich der mathematischen Optimierung erarbeitet. Dabei soll der Studierende die Methodik der wesentlichen Optimierungsverfahren kennen lernen. Im Blockpraktikum sollen die theoretischen Kenntnisse an ausgewählten Problemstellungen angewendet und selbständig Lösungen bearbeitet werden. Durch die Behandlung von Optimierungsproblemen in der Vorlesung wie dem Praktikum erlernt der/die Studierende wesentliche Aspekte und Fähigkeiten (wie Bearbeitung von Algorithmen), die für die erfolgreiche Lösung von Simulationsaufgaben wichtig sind.
<i>Inhalt</i>	<p>Statische Optimierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineare Optimierung (z.B. Simplexalgorithmus) • Optimierung ohne und mit Nebenbedingungen (z.B. Lagrange-Funktion, Pareto-Optimierung) • Algorithmenmethode <p>Dynamische Optimierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimale Steuerung dynamischer Systeme (Euler-Lagrange-Bedingungen) • Variationsmethode • Minimumsprinzip (Hamilton-Funktion) • Dynamische Programmierung (Bellmannsches Prinzip) • Stochastische Optimierung • Monte-Carlo-Simulation
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Schriftliche Prüfung (60 Minuten)
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Jarre, Stoer: Optimierung, Springer Verlag (2004); • Baldick: Applied Optimization, Cambridge Univ. Press (2006) • Papageorgiou, Leibold, Buss: Optimierung, Springer (2012)
<i>Kommentar</i>	Das Praktikum wird als Blockunterricht abgehalten
<i>E-Mail</i>	gschluec@hm.edu

TBM 2.2 Programmierung von CAx-Systemen

<i>Modulbezeichnung</i>	Programmierung von CAx-Systemen
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Programming of CAx Systems
<i>Fachgruppe</i>	
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 2.2
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr. rer. nat. Jakob Reichl
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul TBM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 2 SWS, Ü: 2 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./135 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Modul „Ingenieurinformatik“ aus den Bachelor-Studiengängen der FK03 (Grundkenntnisse der Programmiersprachen C/C++ und MATLAB/Simulink)
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	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 Kenntnisse und Fähigkeiten, 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.
<i>Inhalt</i>	<p>Teil A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung: Grundlagen von C/C++ • Objektorientierte Programmierung (Klassen, Vererbung, Konstruktoren, Destruktoren) • Standardbibliothek, Container, Strings und Streams • Programmierung grafischer Benutzeroberflächen • COM-Schnittstellen zu unterschiedlichen externen Applikationen und CAx-Systemen, zum Beispiel CATIA <p>Teil B</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung: Grundlagen von MATLAB/Simulink • Strukturen und Cell-Arrays • Dateizugriffe, Hierarchical Data Format (HDF5) • Lookup-Tabellen, Zustandsmaschinen • Schnittstellenprogrammierung zwischen wissenschaftlicher Software und Büroanwendungen • MEX-Dateien, Schnittstellen zwischen MATLAB und C • S-Funktionen, Schnittstellen zwischen Simulink und C
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Schriftliche Prüfung (90 Minuten)

<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen Unterlagen, kein Taschenrechner
<i>Skript, Literatur zur Lehrveranstaltung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • U. Probst: Objektorientiertes Programmieren für Ingenieure, Carl Hanser Verlag, 2015 • H. Scherf: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme, Oldenbourg Verlag, 2010 • Weitere Lehrmaterialien zum Download
<i>Weitere Literaturempfehlungen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • U. Stein: Einstieg in das Programmieren mit MATLAB, Carl Hanser Verlag, 2015 • B. Stroustrup: A Tour of C++, Addison-Wesley, 2014
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	jakob.reichl@hm.edu

TBM 2.3 Faserverbundstrukturen

<i>Modulbezeichnung</i>	Faserverbundstrukturen
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Composite Structures
<i>Fachgruppe</i>	Mechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 2.3
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Middendorf
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul TBM, MBM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 2 SWS Ü: 2 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium/Studienarbeit: 45/75/60 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Technische Mechanik, Leichtbau, FEM
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> 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)
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> 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
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Studienarbeit (60 Stunden)
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen
<i>Eingesetzte Software</i>	Z.B. FEM-Programm ABAQUS, MATLAB bzw. MAPLE (optional)
<i>Literaturhinweise/Skripte</i>	<ul style="list-style-type: none"> Helmut Schürmann: „Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden“, Springer-Verlag. Alfred Puck: „Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten“, Hanser-Verlag.
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	joerg.middendorf@hm.edu

TBM 2.4 Strukturdynamik

<i>Modulbezeichnung</i>	Strukturdynamik
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Structural Dynamics
<i>Fachgruppe</i>	Mechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 2.4
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Johannes Wandinger
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlmodulpflichtmodul TBM, MBM, LRM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45h - Eigenstudium: 135h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Mathematik, Technische Mechanik, FEM für statische Analysen linear-elastischer Strukturen, Grundkenntnisse in der Programmierung mit Matlab oder GNU/Octave
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Die Studierenden kennen den Einfluss von Vibrationen auf Komfort, Arbeitssicherheit und Lärmemissionen.</p>
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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

	<ul style="list-style-type: none"> • Teilstrukturen: statische Reduktion und Craig-Bampton-Methode • Modellbewertung • Dämpfungsmodelle: viskose Dämpfung, Strukturdämpfung, Rayleigh-Dämpfung, Näherungscharakter der Dämpfungsmodelle <p>Übungsaufgaben und die Studienarbeit werden mit dem selbst entwickelten, auf GNU/Octave basierenden Programmbaukasten Mefisto durchgeführt.</p>
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Studienarbeit (60 Std.)
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Knaebel, Jäger, Mastel, <i>Technische Schwingungslehre</i>, Springer 2009 • Föllinger, <i>Laplace-, Fourier- und z-Transformation</i>, VDE-Verlag 2011 • Clough, Penzien, <i>Dynamics of Structures</i>, Computers & Structures 2003 • Gasch, Knothe, Liebich, <i>Strukturodynamik</i>, Springer 2012 • Freymann, <i>Strukturodynamik – Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch</i>, Springer 2011 • Craig, Kurdila, <i>Fundamentals of Structural Dynamics</i>, Wiley 2006 • Craig, <i>Structural Dynamics – An Introduction to Computer Methods</i>, Wiley 1981 • Wang, Wang, <i>Structural Vibration: Exact Solutions for Strings, Membranes, Beams, and Plates</i>, CRC Press 2013 • Adhikari, <i>Structural Dynamic Analysis with Generalized Damping Models: Analysis</i>, John Wiley & Sons 2013 • Bathe, <i>Finite Element Procedures</i>, Prentice Hall 1996 • Bendat, Piersol, <i>Random Data: Analysis and Measurement Procedures</i>, Wiley 2010 • Brandt, <i>Noise and Vibration Analysis: Signal Analysis and Experimental Procedures</i>, Wiley 2011 • Natke, <i>Einführung in Theorie und Praxis der Zeitreihen und Modalanalyse</i>, Vieweg 1992 • Saad, <i>Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems</i>, SIAM 2011 • Wilkinson, <i>The Algebraic Eigenvalue Problem</i>, Oxford 1988 • Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	johannes.wandinger@hm.edu

TBM 2.5 Numerische Strömungsmechanik CFD

<i>Modulbezeichnung</i>	Numerische Strömungsmechanik
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Computational Fluid Dynamics, CFD
<i>Fachgruppe</i>	Thermofluiddynamik, Wärmeübertragung
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 2.5
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. A. Gubner
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul TBM, MBM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 2 SWS Ü: 2 SWS PR: 0 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium/ Studienarbeit: 45/45/90 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Empfohlene Kenntnisse</i>	Mathematik, CAD, Strömungsmechanik, Thermodynamik mit Wärmeübertragung
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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 • Umgang mit 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
<i>Inhalt</i>	Es wird eine Übersicht und Einstieg in Funktionsweise und Anwendung moderner CFD-Software gegeben. Dazu gehört Vernetzung, Turbulenzmodellierung, konvektive Wärmeübertragung und Modelle poröser Körper. Im Einzelnen werden behandelt: Finite Volumen Methode mit Upwind-Differencing Hybrid-Differencing, Higher Order Differencing (QUICK), Lösungsalgorithmen für Druck-Geschwindigkeitskopplung stationärer Strömungen: SIMPLE, PISO, Lösung der diskretisierten Gleichungen: TDMA, Gauss-Seidel, Multi-Grid Verfahren, Transiente Strömungen: Explizite und implizite Schemata.
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Studienarbeit (90 Stunden)
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen Unterlagen, Taschenrechner
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	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.
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	andreas.gubner@hm.edu

TBM 2.6 Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen

<i>Modulbezeichnung</i>	Konzeptentwicklung mechanischer Strukturen
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Development of Mechanical Structures in the Conceptual Phase
<i>Fachgruppe</i>	Mechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 2.6
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Klemens Rother
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang TBM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang TBM SU: 3 SWS Ü: 1 SWS PR: 0 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium/Studienarbeit: 45/45/90 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Empfohlene Kenntnisse</i>	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..
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kennenlernen und in Teilen Anwendung von Teilgebieten der Konzeptentwicklung von Strukturen, wie z.B.: • 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 • Einblicke in Abläufe und Herausforderungen kooperativer Arbeitsweisen in der Konzept- und Strukturentwicklung, z.B. bezüglich Styling/Design, Architektur/Package, Strukturentwicklung und Strukturoptimierung mit Funktionsnachweisen • Einblicke in schnelle 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 für ein Fahrzeug eines Energieeffizienzwetbewerbs nach vorgegebenen Anforderungen mit Erstellung von parametrisierten Konzeptmodellen und überschlägiger Dimensionierung im Rahmen einer Studienarbeit (selbstständig oder in einer Gruppe)

<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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. • 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
<i>Leistungsnachweis</i>	Studienarbeit (90 Stunden)
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	-
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Seminarunterlagen zum Download für eingeschriebene Seminarteilnehmer. • Grabner, Nothaft: Konstruieren von Pkw-Karosserien. Springer Verlag, Berlin. • Brill: Parametrisches Konstruieren mit CATIA V5 Methoden und Strategien für den Fahrzeugbau. Hanser Verlag, München 2006 • Kornprobst: CATIA V5 Flächenmodellierung. Hanser Verlag, München, 2008 • Brown, Robertson, Serpento: <i>Motor Vehicle Structures, Concepts and Fundamentals</i>. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002
<i>Kommentar</i>	Studienarbeit zur parametrisierten Konzeptmodellierung und Simulation. Selbstständige Erstellung eines parametrisierten Geometriemodells mit Ausleitung konstruktiver Varianten.
<i>E-Mail</i>	Klemens.rother@hm.edu

<i>Modulbezeichnung</i>	Projektarbeit
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Independent Study
<i>Fachgruppe</i>	alle
<i>Lfd. Nr.</i>	MBM 2.8
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr. Frank Palme
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul MBM, FAM, LRM, FEM, TBM (WiSe/SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Selbstständige Arbeit
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std. / 135 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen des Bachelorstudiums
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<p>Die Projektarbeit vermittelt die für das Arbeiten in Projektteams 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</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 gruppenspezifische 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.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definition der Projektziele, Festlegung der Anforderungen, Erstellung von Teamkommunikationsstrukturen • Strukturierung der Projekthinhalte unter technischen, kausalen und zeitlichen Aspekten • Einrichten von Arbeitspaketen und Festlegen von Verantwortlichkeiten unter den Teammitgliedern • Erstellung des Projektplans (Teilaufgaben, Arbeitspakete, Zeitplan, Meilensteine, etc.)

	<ul style="list-style-type: none"> • 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
<i>Leistungsnachweis</i>	Projektarbeit und Kolloquium, 30 Min.
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen
<i>Literaturhinweise/Skripte</i>	<p>Hering, E.: Projektmanagement für Ingenieure. Springer, Wiesbaden (2014)</p> <p>Kunow, A.: Projektmanagement und Technisches Coaching. Hüthig (2005)</p> <p>International Council on Systems Engineering (INCOSE): Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities. Wiley, Hoboken (2015)</p>

FAM 3.1 Crash-Simulation von Fahrzeugstrukturen

<i>Module name (German)</i>	Crash-Simulation von Fahrzeugstrukturen
<i>Module name (English)</i>	Impact simulation of vehicle structures
<i>Specialist group</i>	Mechanics
<i>No.</i>	FAM 3.1
<i>Responsible for module</i>	Prof. Dr.-Ing. Markus Gitterle
<i>Language</i>	English
<i>Assignment to curricula (Term)</i>	Elective Course Master FAM, TBM Elective Course for International Students Elective Course for MUAS Students (WiSe)
<i>Type of Course, SWS</i>	SU (Lecture): 2 SWS, Ü (Exercise): 1 SWS, PR (Lab): 1 SWS
<i>Effort in hours</i>	Attendance/Study/Project 60/60/60 hrs.
<i>Credit points</i>	6 ECTS
<i>Prerequisites according to „Prüfungsordnung“</i>	
<i>Recommended qualifications</i>	Engineering Mechanics, Dynamics, Advanced Mechanics of Materials, Basics of Material Engineering, Introduction into FEM
<i>Educational objective (Professional skills and expertise)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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 assess towards plausibility. • Ability to integrate impact/crash simulations into the development process in a constructive manner.
<i>Content</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
<i>Exam (Type, Duration)</i>	Project Thesis (60 hours)
<i>Media used in lectures</i>	Tablet, Beamer, Software for Finite-Element Analysis.
<i>Authorized means for exam</i>	-
<i>Literature/seminar notes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Script for download for enrolled students.

	<ul style="list-style-type: none">• 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.
<i>E-Mail</i>	markus.gitterle@hm.edu

<i>Modulbezeichnung</i>	Aeroelastik
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Aeroelasticity
<i>Fachgruppe</i>	Mechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 2.1
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Johannes Wandinger
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlmodulpflichtmodul LRM, TBM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Mathematik, Technische Mechanik, FEM, Aerodynamik, Flugmechanik, Grundkenntnisse in der Programmierung mit Matlab oder GNU/Octave
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden verstehen die Wechselwirkungsphänomene und –mechanismen zwischen Strömungen und elastischen Strukturen. • 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.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Methoden der linearen Strukturmechanik, insbesondere Modalanalyse • Aerodynamische Methoden der Aeroelastik: vertiefte Behandlung des Wirbelgitterverfahrens, Grundlagen von Doublet-Lattice-Methode und BEM • 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 <p>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.</p>

	Übungsaufgaben und die Studienarbeit werden mit dem selbst entwickelten, auf GNU/Octave basierenden Programmkastens Mefisto durchgeführt.
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Studienarbeit (60 Std.)
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Hodges, Pierce, <i>Introduction to Structural Dynamics and Aeroelasticity</i>, Cambridge 2011 • Wright, Cooper, <i>Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads</i>, Wiley 2007 • Dowell (Ed.), <i>A Modern Course in Aeroelasticity</i>, Kluwer 1995 • Fung, <i>An Introduction to the Theory of Aeroelasticity</i>, Dover 1993 • Bisplinghoff, Ashley, Halfman, <i>Aeroelasticity</i>, Dover 1996 • Försching, <i>Grundlagen der Aeroelastik</i>, Springer, 1974 • Etkin, Reid, <i>Dynamics of Flight, Stability and Control</i>, Wiley 1996 • Moran, <i>An Introduction to Theoretical and Computational Aerodynamics</i>, Dover 1984 • Karamcheti, <i>Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics</i>, Krieger 1980 • Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>E-Mail</i>	johannes.wandinger@hm.edu

