



# **Modulhandbuch**

## **Master Computational Mechanics**

## Beschreibung des Studiengangs

<b>Name des Studiengangs</b>			<b>Kürzel Studiengang</b>
Master Computational Mechanics			M-CM
<b>Typ</b>	<b>Regelstudienzeit</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS-Credits</b>
Master	4	62	120
<b>Beschreibung</b>			
<b>Homepage des Studienganges:</b> <a href="http://www.uni-due.de/computationalmechanics">www.uni-due.de/computationalmechanics</a>			
<p>Der Einsatz computergestützter Strategien zur Lösung praxisorientierter Problemstellungen hat in den letzten Jahrzehnten rasant zugenommen. Die damit verknüpften Anwendungsgebiete erweitern sich stetig und reichen von den Bauwissenschaften und Maschinenbaudisziplinen (Finite Element/Volumen Berechnung) bis zu Bereichen der Medizin (Biomechanik) und Biologie (Evolutionssimulationen). Grundlage dieser Entwicklung ist ein fundamentales Konzept, welches eine zuverlässige Analyse von Problemen auf der Basis komplexer Kontinuummechanischer Modellbildung, numerischen Verfahren und experimentellen Techniken erlaubt. Dieses Konzept, welches unter dem Begriff „Computational Mechanics“ zusammengefasst werden kann, bildet also eine Vernetzung zwischen der theoretischen Modellbildung, numerischen Behandlung und experimenteller Wirklichkeit. Ein Ingenieur, dessen Arbeitsbereich in das o. g. Feld einzuordnen ist, muss mit einem soliden Grundwissen in diesen Bereichen ausgestattet sein. Im zunehmenden Maße werden von Entwicklern und qualifizierten Anwendern spezialisierter, computergestützter Berechnungsverfahren vertiefte Kenntnisse im Bereich der „Computational Mechanics“ verlangt. Der Bedarf an Ingenieuren, die diesem Bild entsprechen, steigt global stetig an, was auch durch die Gründung entsprechender Studienangebote an namhaften ausländischen Universitäten belegt wird. Der geplante Studiengang an der Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, entspricht diesem Ziel. Die Ausbildung befähigt den Ingenieur, mit einem fundierten theoretischen Wissen die komplexen computergestützten Berechnungsverfahren verantwortungsvoll anzuwenden und zu erweitern. Hierzu muss die Modellbildung richtig interpretiert werden, die verwendeten Algorithmen stimmig verbunden werden, die Experimente korrekt durchgeführt und interpretiert werden und die Anwendungsprogramme fehlerfrei verwendet werden. Unter den hier genannten Schlagworten sind dabei folgende Inhalte zu verstehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Modellbildung:</b> Lineare und nichtlineare Kontinuumsmechanik, phänomenologische Materialtheorie, Strukturmechanik, Werkstoffwissenschaften, Homogenisierungsverfahren.</li> <li>• <b>Algorithmen:</b> Numerische Diskretisierungs- und Lösungsverfahren der Mechanik, Finite-Element-Methode, Optimierungsverfahren, Programmentwicklung.</li> <li>• <b>Experimente:</b> Werkstoffwissenschaften, Messtechnik, Parameteridentifikation von Materialmodellen.</li> <li>• <b>Anwendungen:</b> Computergestützte Simulationen auf allen Gebieten der Ingenieurwissenschaften und in der Ingenieurpraxis.</li> </ul> <p>Folgerichtig hat der Studiengang einen interdisziplinären Charakter. So werden Themenbereiche aus der Angewandten Mechanik, den ingenieurorientierten Werkstoffwissenschaften und verschiedene, breit gefächerte Ingenieurwissenschaften Teil des Lehrplans sein. Ein fundiertes, theoretisches Basiswissen bildet die Verbindung zwischen den Bereichen. Letztlich ist es das Ziel im Studiengang „Computational Mechanics“, einen Ingenieur mit den Fähigkeiten auszubilden, Anwendungsmöglich-</p>			

keiten und Grenzen der Berechnungsmodelle zu erkennen sowie bestehende Berechnungssysteme selbständig anzuwenden und zu erweitern. Zusammenfassend wird der international orientierte Studiengang „Computational Mechanics“ den Studierenden eine vertiefte Ausbildung im Bereich der Methodik einer ganzheitlichen Behandlung mechanischer Probleme der Ingenieurwissenschaften bieten. Hierzu gehören speziell eine intellektuelle Verzahnung und Interaktion von theoretischer Modellbildung, numerischer Durchdringung, experimenteller Verifikation und simulationspezifischer Anwendung. Der Studiengang CM wird für Studierende sowohl aus dem In- wie Ausland attraktiv sein. Zum einem kann er auf einen im In- oder Ausland erworbenen „Bachelor of Science“ aufbauen oder als Zusatzqualifikation zum deutschen Diplom weiterreichend qualifizieren. Der erworbene Grad des „Master of Science“ soll sowohl ein berufsqualifizierender Abschluss sein wie auch den Zugang zur Promotion an allen nationalen und internationalen Universitäten ermöglichen. Zur Steigerung der Internationalisierung und der Attraktivität des CM für ausländische Studierende werden Teile der Vorlesungen in der englischen Sprache angeboten.

## Überblick der Veranstaltungen

1. Semester (WS)	2. Semester (SS)	3. Semester (WS)	4. Sem. (SS)
<b>Tensor Calculus</b> FG 1.2 (PM; 7/4/210)	<b>Finite Element Method Foundation</b> FG 1.2 (PM; 7/4/210)	<b>Nonlinear Finite Element Method</b> FG 1.2 (PM 7/4/210)	<b>Master-Arbeit + Kolloquium</b> (30/-/900) Modul 9
<b>Continuum Mechanics</b> FG 1.3 (PM; 7/4/210)	<b>Thermodynamics of Materials</b> FG 1.2 (PM; 7/4/210)	<b>Wahlpflichtmodul</b> (WPM; 5/4/150)	
<b>Introduction to Numerical Methods</b> FG 1.1 (PM; 7/4/210)	<b>Wahlpflichtmodul</b> (WPM; 5/4/150)	<b>Wahlpflichtmodul</b> (WPM; 5/4/150)	
<b>Computer Languages for Engineers</b> FG 2.6 (PM; 5/4/150)	<b>Wahlpflichtmodul</b> (WPM; 5/4/150)	<b>Wahlpflichtmodul</b> (WPM; 5/4/150)	
<b>Testing of Metallic Materials</b> FG 2.7 (PM; 5/4/150)	<b>Wahlpflichtmodul</b> (WPM; 5/4/150)	<b>Soft Skills I</b> (WM; 4/3/120)	
		<b>Soft Skills II</b> (WM; 4/3/120)	
<b>Module (CR/SWS/work load=CR*30h)</b>			
5 (31/20/930)	5 (29/20/870)	5 (30/22/900)	- (30/-/900)
<b>Wahlpflichtmodule</b>			
	2. Semester (SS)	3. Semester (WS)	
<b>Fächergruppe 1 (FG 1): Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen</b>			
1.1 Mathematik	Advanced Numerical Methods	Parallel Computing	
1.2 Mechanik	-	Computational Inelasticity	
1.3 Computational Mechanics	FEM - Coupled Problems	FEM - Multiphase Materials	
<b>Fächergruppe 2 (FG 2): Fachspezifische Grundlagen / Anwendungen</b>			
2.1 Abfallwirtschaft	-	Simulation of Landfill Bodies	
2.2 Bodenmechanik/Geotechnik	Geotechnics Project with Lab	Modeling and Numerical Simulation of Geotechnical Problems	
2.3 Informatik	Advanced Computer Architecture	CSCW and Software Engineering	
2.4 Massivbau	Design of Concrete Structures	Pre-stressed Concrete	
		Finite Element Method Modeling Concrete Structures	
2.5 Stahlbau	Finite Element Method: Modeling in Steel Structures	Finite Element Method Design of Structural Connection	
2.6 Statik	CAD in Civil Engineering	Analysis of Structures	
2.7 Materialtechnik / Umformtechnik	Fatigue and Lifetime of Machine Elements	Schwingungsanalyse mit Matlab*	
2.8 Umwelttechnik / CFD	Computational Fluid Dynamics		
2.9 Werkstofftechnik	Werkstoffauswahl für hohe Temperaturen und Leichtbau	Technische Schadensanalyse*	
2.10 Mechatronik	Advanced Modeling and Simulation Techniques	--	

\* Kurs wird in deutscher Sprache gehalten

## Studienverlaufsplan

	V	Ü	P	S	Cr
Master Computational Mechanics	32	30	0	0	120

1.	<b>Computer Languages for Engineers</b>	Dr. rer. nat. Baeck	e	2	2	0	0	5
	<b>Continuum Mechanics</b>	Prof. Dr.-Ing. Ricken	e	2	2	0	0	7
	<b>Introduction to Numerical Methods</b>	Prof. Dr. Klawonn	e	2	2	0	0	7
	<b>Tensor Calculus</b>	Prof. Dr.-Ing. Bluhm	e	2	2	0	0	7
	<b>Testing of Metallic Materials</b>	Prof. Dr.-Ing. Mauk	e	2	2	0	0	5
Summe:			10	10	0	0	31	

2.	<b>Finite Element Method Foundation</b>	Prof. Dr.-Ing. habil. Schröder	e	2	2	0	0	7
	<b>Thermodynamics of Materials</b>	Prof. Dr.-Ing. Bluhm	e	2	2	0	0	7
	<b>Wahlpflicht SS1</b>		e	2	2	0	0	5
	<b>Wahlpflicht SS2</b>		e	2	2	0	0	5
	<b>Wahlpflicht SS3</b>		e	2	2	0	0	5
Summe:			10	10	0	0	29	

3.	<b>Nonlinear Finite Element Method</b>	Prof. Dr.-Ing. habil. Schröder	e	2	2	0	0	7
	<b>Soft Skills 1</b>		d e	2	1	0	0	4
	<b>Soft Skills 2</b>		d e	2	1	0	0	4
	<b>Wahlpflicht WS1</b>		d e	2	2	0	0	5
	<b>Wahlpflicht WS2</b>		d e	2	2	0	0	5
	<b>Wahlpflicht WS3</b>		d e	2	2	0	0	5
Summe:			12	10	0	0	30	

4.	<b>Masterarbeit mit Kolloquium</b>		d e	0	0	0	0	30
Summe:			0	0	0	0	30	

## Wahlpflichtveranstaltungen SS 1-3

<b>Modulname</b>	<b>Fachbereich</b>
<b>Wahlpflicht SS 1-3</b>	Ingenieurwissenschaften
<b>Verwendung in Studiengang</b>	
• Master Computational Mechanics	

Jahr	Dauer	Art des Moduls
1	1	Wahlpflichtmodul

<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
Tensor Calculus, Continuum Mechanics, Numerical Mathematics I, Computer Languages for Engineers I

Nr.	Veranstaltungen	Semester	SWS	Arbeitsaufwand in h	ECTS-Credits
1		2	4	150	5
2		2	4	150	5
3		2	4	150	5
<b>Summe</b>			<b>12</b>	<b>450</b>	<b>15</b>

<b>Kurse</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Computer Architecture</li> <li>• Advanced Numerical Methods</li> <li>• CAD in Civil Engineering</li> <li>• Computational Fluid Dynamics</li> <li>• Concepts of Environment Protection</li> <li>• Design of Concrete Structures</li> <li>• Fatigue and Lifetime of Machine Elements</li> <li>• Finite Element Method - Coupled Problems</li> <li>• Finite Element Method - Modelling in Steel Structures</li> <li>• Geotechnics Project with Lab</li> <li>• Werkstoffauswahl für hohe Temperaturen und Leichtbau</li> </ul>
<b>Beschreibung</b>
Aus einer vorgegebenen Liste von Wahlpflichtfächern, die dem jeweils aktuellen Angebot angepasst werden kann, sind 3 technische Wahlpflichtfächer auszuwählen. Diese ermöglichen eine Vertiefung auf den gewählten Gebieten.
<b>Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.

<b>Modulname</b>	<b>Fachbereich</b>
<b>Wahlpflicht WS 1-3</b>	Ingenieurwissenschaften
<b>Verwendung in Studiengang</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master Computational Mechanics</li> </ul>	

<b>Jahr</b>	<b>Dauer</b>	<b>Art des Moduls</b>
1	1	Wahlpflichtmodul

<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
Tensor Calculus, Continuum Mechanics, Numerical Mathematics I, Computer Languages for Engineers I, Finite Element Method Foundation, Thermodynamics of Materials

Nr.	Veranstaltungen	Semester	SWS	Arbeitsaufwand in h	ECTS-Credits
1		3	4	150	5
2		3	4	150	5
3		3	4	150	5
<b>Summe</b>			<b>12</b>	<b>450</b>	<b>15</b>

<b>Kurse</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Modeling and Simulation Techniques</li> <li>• Analysis of Structures</li> <li>• Computational Inelasticity</li> <li>• CSCW and Software Engineering</li> <li>• Finite Element Method - Design of Structural Connection</li> <li>• Finite Element Method - Modelling Concrete Structures</li> <li>• Finite Element Method - Multiphase Materials</li> <li>• Modelling and Numerical Simulation of Geotechnical Problems</li> <li>• Parallel Computing</li> <li>• Pre-stressed Concrete</li> <li>• Schwingungsanalyse mit MATLAB</li> <li>• Simulation of Landfill Bodies</li> <li>• Technische Schadensanalyse</li> </ul>

<b>Beschreibung</b>
Aus einer vorgegebenen Liste von Wahlpflichtfächern, die dem jeweils aktuellen Angebot angepasst werden kann, sind 3 technische Wahlpflichtfächer auszuwählen. Diese ermöglichen eine Vertiefung auf den gewählten Gebieten.

<b>Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.

<b>Veranstaltungsname</b> Computer Languages for Engineers	<b>Kürzel der Veranstaltung</b>
<b>Lehrende</b> Dr. rer. nat. Ernst Baeck	<b>Fach</b> Statik

Semester	Turnus	Sprache	Voraussetzungen
1	WS	englisch	keine

SWS	Präsenzstudium	Eigenstudium	Arbeitsaufwand in h	ECTS-Credits
4	60	90	150	5

<b>Lehrform</b>
Vorlesung / Übung
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden erlernen in der Vorlesung die Fähigkeit, komplexe Problemstellungen aus der numerischen Mathematik bzw. aus der Kontinuumsmechanik mit Hilfe der in diesem Umfeld etablierten Programmiersprachen zu implementieren. Die Studierenden erlernen die Fähigkeit Problemstellungen zunächst im Rahmen von Algorithmen zu abstrahieren. Sie erlangen die Fähigkeit Algorithmen zum einen mit den Mitteln der klassischen prozeduralen Programmierung im Umfeld einer klassischen Software-Realität zu implementieren (z.B. gängige FORTRAN-FE-Plattformen wie FEAP). Weiter erlangen Sie die Fähigkeit Algorithmen im Rahmen eines modernen objekt-orientierten Ansatzes für heute übliche Software-Realitäten zu implementieren. Die Studierenden erlangen zudem die Fähigkeit die zu modellierende Datenrealität auf gängige Container-Klassen-Konzepte abzubilden und mit Hilfe standardisierter Bibliotheken zu implementieren.
<b>Beschreibung</b>
<p><u>Prozedurale Sprachen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Felder und Datenstrukturen</li> <li>• Arbeiten mit Dateien mit sequentiellm und direktem Zugriff</li> <li>• Implementierung indizierter Listen</li> <li>• Speichermangement unter Voraussetzung statischer Felder (Memory-Mapping)</li> </ul> <p><u>Objektorientierte Sprachen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe objekt-orientierten Modellierens</li> <li>• Container-Klassen</li> <li>• Rekursive Datenstrukturen, verkettete Listen und Baumstrukturen</li> <li>• Einsatz von Template-Bibliotheken</li> </ul> <p><u>Implementierungsbeispiele iterativer Algorithmen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gauß-Algorithmus mit Spaltenpivotsuche</li> <li>• Gauß-Algorithmus als Dreieckszerlegung</li> <li>• Cholesky-Verfahren als Dreieckszerlegung unter Berücksichtigung kompakter Datenspeicherung</li> <li>• Lösen eines linearen Gleichungssystems mit mehreren rechten Seiten.</li> <li>• Gauß-Seidel'sches Iterationsverfahren</li> <li>• Jakobi-Verfahren zur Berechnung von Eigenwerten einer symmetrischen Matrix</li> </ul>

**Studien-/Prüfungsleistung**

Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.

**Literatur**

- N. Wirth, „Algorithmen und Datenstrukturen“,
- R. Sedgewick „Algorithms in C++“
- S. Chapman „FORTRAN 90/95 for Scientists and Engineers“

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Kürzel der Veranstaltung</b>
Continuum Mechanics	Conti
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Tim Ricken	Computational Mechanics

Semester	Turnus	Sprache	Voraussetzungen
1	WS	englisch	keine

SWS	Präsenzstudium	Eigenstudium	Arbeitsaufwand in h	ECTS-Credits
4	60	150	210	7

<b>Lehrform</b>
Vorlesung / Übung
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden erlernen in der Vorlesung die Fähigkeit, das mechanische Verhalten von Materialien mit Hilfe der Kontinuumsmechanik komplex darzustellen. Zu Beginn werden die aus dem Bachelor bekannten mechanischen Größen wie Verzerrungen und Spannungen im Rahmen einer kontinuumsmechanischen Darstellung formuliert. Die Studierenden erlernen hierdurch die Fähigkeit zur Abstraktion mechanischer Größen. Hiernach werden aus den Bilanzgleichungen die klassischen statischen und dynamischen Gleichgewichtsbeziehungen hergeleitet. Die Studierenden erlernen damit die Fähigkeit, aus den abstrakten Formulierungen der Kontinuumsmechanik konkrete Rand- und Anfangswertprobleme zu formulieren. Am Ende werden die Herleitungen für die einfache elastische Materialgleichungen besprochen, sodass die Studierenden in der Lage sind, diese selbständig im Rahmen einer thermodynamisch konsistenten Betrachtung zu erweitern und zu reformulieren
<b>Beschreibung</b>
<u>Kinematik</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegung</li> <li>• Transporttheoreme</li> <li>• Deformations- und Verzerrungsmaße</li> <li>• Deformations- und Verzerrungsgeschwindigkeiten</li> <li>• Lie Ableitungen</li> <li>• Polar Zerlegung</li> <li>• Spektral Zerlegung Kräfte und Spannungen</li> <li>• Theorem von Cauchy</li> <li>• Cauchy'scher und Kirchhoffscher Spannungstensor, Piola-Kirchhoffsche Spannungstensoren</li> </ul> <u>Bilanzgleichungen und -ungleichungen der Mechanik</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Massenbilanz</li> <li>• Bilanz der Bewegungsgröße</li> <li>• Drallbilanz</li> <li>• Energiebilanz (1. Hauptsatz der Thermodynamik)</li> <li>• Entropieungleichung (2. Hauptsatz der Thermodynamik)</li> </ul> <u>Materialtheorie:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzipien: Determinismus, Äquipräsenz, lokale Wirkung, Materielle Objektivität, Materielle Symmetrie</li> <li>• Materielle Objektivität für Spannungen</li> <li>• Konstitutive Modellbildung</li> </ul>

- Formulierung der Freien Helmholtzschen Energie
- Materialgesetze für elastische Materialien
- Linearisierung von Spannungen

**Studien-/Prüfungsleistung**

Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.

**Literatur**

Holzapfel, G.A.: Nonlinear solid mechanics. Wiley, 2000.  
Hutter, K. & Jöhnk, K.: Continuum methods of physical modeling. Springer, 2004.  
Müller, I.: Grundzüge der Thermodynamik. Springer, 1994.  
Wilmanski, K.: Thermomechanics of continua. Springer, 1998.

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Kürzel der Veranstaltung</b>
Introduction to Numerical Methods	Num Meth
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr. Axel Klawonn	Mathematik

<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
1	WS	englisch	keine

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Eigenstudium</b>	<b>Arbeitsaufwand in h</b>	<b>ECTS-Credits</b>
4	60	150	210	7

<b>Lehrform</b>
Vorlesung /Übung
<b>Lernziele</b>
In der Numerischen Mechanik (Computational Mechanics) bilden neben den ingenieurwissenschaftlichen Methoden numerische Verfahren eine wesentliche grundlegende Säule. Ohne das Verständnis numerischer Methoden und Grundlagen ist ein Studium der Computational Mechanics nicht denkbar. Daher soll in dieser Vorlesung eine Einführung in die Numerik gegeben werden, die es den Studierenden ermöglicht, ein grundlegendes Verständnis der für die Numerische Mechanik wichtigen numerischen Methoden zu erwerben. Algorithmisches Denken und die Umsetzung in Programme soll gefördert werden.
<b>Beschreibung</b>
Die numerische Simulation technischer Probleme nimmt neben der theoretischen und experimentellen Behandlung dieser Fragestellungen eine immer wichtigere Rolle ein. Numerische Berechnungen ersetzen oder ergänzen dabei immer häufiger oft kostspielige Experimente, wie zum Beispiel bei Crashtests im Automobilbau, oder ermöglichen erst Aussagen, die experimentell nur schwer oder gar nicht zugänglich sind, etwa in der (numerischen) Biomechanik. In dieser Vorlesung soll das Rüstzeug zur numerischen Lösung mathematischer Fragestellungen behandelt werden, wie sie in der Modellierung ingenieurtechnischer Probleme auftreten. Dabei wird sowohl die Entwicklung entsprechender Algorithmen, als auch deren theoretische Untersuchung und Umsetzung in Computerprogramme behandelt. Die behandelten Themen werden aus folgender Liste ausgewählt:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lineare Gleichungssysteme</li> <li>2. Nichtlineare Gleichungen und Gleichungssysteme</li> <li>3. Ausgleichsprobleme</li> <li>4. Eigenwertaufgaben</li> <li>5. Interpolation</li> <li>6. Integration</li> <li>7. Iterative Lösung linearer Gleichungssysteme</li> <li>8. Stabilität und Kondition von Algorithmen</li> <li>9. Rechnerarithmetik</li> </ol>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Semesters vom Dozenten festgelegt. Möglich sind mündliche oder schriftliche Prüfungen. Der Dozent kann die Teilnahme von der erfolgreichen Bearbeitung der Übungsaufgaben während des Semesters abhängig machen.
<b>Literatur</b>
a) Stewart, G.W., Afternotes on numerical analysis. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, PA, 1996. x+200 pp.

b) Schwarz, H.R., Numerical analysis. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 1989. xiv+517 pp.

c) Quarteroni, A., Sacco, F., Saleri, F., Numerical mathematics. Second edition. Texts in Applied Mathematics 37, Springer-Verlag, Berlin, 2007. xviii+655 pp.

<b>Veranstaltungsname</b> Tensor Calculus	<b>Kürzel der Veranstaltung</b> Tensor
<b>Lehrende</b> Prof. Dr.-Ing. Joachim Bluhm	<b>Fach</b> Mechanik

Semester	Turnus	Sprache	Voraussetzungen
1	WS	englisch	keine

SWS	Präsenzstudium	Eigenstudium	Arbeitsaufwand in h	ECTS-Credits
4	60	150	210	7

<b>Lehrform</b>
Vorlesung (2 SWS) Übung (2 SWS)
<b>Lernziele</b>
<p>Probleme in der Mechanik, speziell in der Kontinuumsmechanik, können kurz und übersichtlich mit der Tensorrechnung formuliert werden. Die Studierenden erlangen die Fähigkeit komplexer physikalischer Sachverhalte mit Hilfe der Tensorrechnung effektive und kompakt darzustellen.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, die mathematischen Theorien und die Modellbildung u.a. in der Kontinuumsmechanik und Thermodynamik besser zu verstehen.</p>
<b>Beschreibung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensorielle Aspekte der Vektoralgebra</li> <li>• Das beliebige Grundsystem</li> <li>• Operationen in Komponentendarstellung</li> <li>• Tensoroperationen</li> <li>• Wechsel zwischen Koordinatensystemen</li> <li>• Gradient, Divergenz und Rotation von Tensorfeldern</li> <li>• Beispiele für die Differentiationen von Tensorfeldern</li> <li>• Integralsätze</li> </ul> <p>Die Vorlesung wird durch zahlreiche Übungen ergänzt, in denen vorwiegend betreute Rechnerübungen zur Vertiefung der Inhalte im Vordergrund stehen.</p>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.
<b>Literatur</b>
<p>Ogden, R.W.: Non-Linear Elastic Deformations, Dover Publications, INC., 1984</p> <p>Holzappel, G.A.: Nonlinear Solid Mechanics, Wiley, 2000</p> <p>Wiggers, P.: Nichtlineare Finite-Element-Methode, Springer, 2001</p> <p>de Boer, R., Schröder, J.: Tensor Calculus for Engineers - with Applications to Continuum and Computational Mechanics, 2007</p>

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Kürzel der Veranstaltung</b>
Testing of Metallic Materials	TestMat
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Paul Josef Mauk	

Semester	Turnus	Sprache	Voraussetzungen
1	WS	englisch	keine

SWS	Präsenzstudium	Eigenstudium	Arbeitsaufwand in h	ECTS-Credits
4	60	90	150	5

<b>Lehrform</b>
Vorlesung/Übung/Laborpraktikum
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden sind in der Lage das richtige Testverfahren zur Ermittlung eines Werkstoffkennwerts auszuwählen, bzw. die Ergebnisse der verschiedenen Prüfverfahren hinsichtlich ihrer Aussagekraft zu beurteilen. Die Studierenden kennen die Grenzen der Anwendbarkeit der verschiedenen Prüfverfahren für verschiedene Werkstoffe und können die Fehlermöglichkeiten richtig einschätzen.
<b>Beschreibung</b>
Inhalt dieses Moduls sind die Verfahren und Methoden zur Prüfung metallischer Werkstoffe. Ausgehend vom kristallinen Aufbau metallischer Werkstoffe und den Ursachen metallischer Plastizität werden die Grundversuche zur Bestimmung der Festigkeit und Zähigkeit bei statischer und dynamischer Belastung behandelt. Neben den grundlegenden werkstoffmechanischen Prüfungen werden die Verfahren der Werkstoffanalytik und die Analysemethoden dargestellt. Die metallografischen Untersuchungsmethoden mittels Lichtmikroskop leiten über zu den röntgen-ografischen und elektronenmikroskopischen Verfahren. Korrosionsprüfverfahren bei chemischer bzw. elektrochemischer Korrosion sowie thermischer Korrosion schließen sich an. Die Prüfung physikalischer Eigenschaften von Metallen soll die werkstoff-mechanischen Prüfverfahren ergänzen. Bei den zerstörungsfreien Prüfverfahren werden die akustischen sowie die Durchstrahlungsprüfungen behandelt. Die elektrischen und magnetischen Prüfverfahren sowie die Prüfung der Oberflächenfeingestalt sind Inhalt des Moduls.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.
<b>Literatur</b>
Schmidt, Werner M; Dietrich, Hermann; Praxis der mechanischen Werkstoffprüfung Expert Verlag, Esslingen, 1999, Band 585 ISBN 3-8169-1612-0  Pöhlandt, K.; Werkstoffprüfung für die Umformtechnik Springer Verlag, Berlin, 1986 ISBN 3-540-16722-6

Blumenauer, Horst;  
Werkstoffprüfung  
Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart, 1994  
ISBN 3-342-00547-5

Weiler, Wolfgang W.;  
Härteprüfung an Metallen und Kunststoffen  
Expert Verlag, Esslingen, 1998, Band 155  
ISBN 3-8169-0552-8

Steeb, Siegfried;  
Zerstörungsfreie Werkstück- und Werkstoffprüfung  
Expert Verlag, Esslingen, 1993, Band 243  
ISBN 3-8169-0964-7

Bergmann, Wolfgang:  
Werkstofftechnik 2 – Werkstoffherstellung – Werkstoffverarbeitung –  
Werkstoffanwendung  
Hanser Verlag, München, 2002  
ISBN 3-446-21639-1

Shackelford, James F.;  
Werkstofftechnologie für Ingenieure  
Pearson Studium Verlag, München, 2005  
ISBN 3-8273-7159-7

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Kürzel der Veranstaltung</b>
Finite Element Method Foundation	FEM-Found
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Schröder	

<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
2	SS	englisch	keine

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Eigenstudium</b>	<b>Arbeitsaufwand in h</b>	<b>ECTS-Credits</b>
4	60	150	210	7

<b>Lehrform</b>
Die Vorlesung wird durch zahlreiche Übungen ergänzt, in denen überwiegend betreute Rechnerübungen zur Vertiefung der Inhalte im Vordergrund stehen.
<b>Lernziele</b>
Ein wesentliches Ziel der rechnergestützten Mechanik ist es, mit Hilfe von numerischen Simulationen das mechanische Verhalten von Materialien abzubilden und vorherzusagen. Zu diesem Zweck wird häufig die Methode der Finiten Elemente verwendet, mit deren Hilfe das mechanische Antwortverhalten von (zumeist) Festkörpermaterialien unter der Vorgabe von Randbedingungen berechnet werden kann. In dem Modul werden den Studierenden die Grundlagen dieser Methodik erläutert und anhand von Übungen vertieft, bei denen numerische Routinen selbständig zu implementieren sind. Ziel ist es, die Studierenden zu befähigen, einfache Randwertprobleme unter Verwendung der Methode der finiten Elemente selbständig durchzuführen. Darüber hinaus sollen die Studierenden die Leistungsfähigkeit der Methodik, aber auch deren Anwendungsgrenzen, erkennen.
<b>Beschreibung</b>
Die Vorlesung behandelt Methoden zur numerischen Lösung von Anfangs- und Randwertproblemen der Mechanik. Der zentraler Punkt der Veranstaltung bildet die Grundlagen der linearen Finiten-Elemente Methode. Die Vorlesung gliedert sich wie folgt: - Motivation und Überblick - Mathematische Grundlagen und Definitionen - Methode der Finiten Differenzen - Methode der Finiten Elemente
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.
<b>Literatur</b>
[1] O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor [2005], The Finite Element Method - Its Basis and Fundamentals, Elsevier [2] R.D. Cook, D.S. Malkus, M.E. Plesha [1989], Concepts and Applications of Finite Element Analysis, Wiley [3] R. de Boer, J. Schröder [2008], Tensor Calculus for Engineers - with Applications to Continuum and Computational Mechanics

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Kürzel der Veranstaltung</b>
Thermodynamics of Materials	Thermodyn
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Joachim Bluhm	keine

<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
2	SS	englisch	- Tensor Calculus - Continuum Mechanics

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Eigenstudium</b>	<b>Arbeitsaufwand in h</b>	<b>ECTS-Credits</b>
4	60	150	210	7

<b>Lehrform</b>
Vorlesung (2 SWS) Übung (2 SWS)
<b>Lernziele</b>
<p>Ziel der Veranstaltung ist es, dass die Studierenden einige Materialmodelle, die in den heutigen Berechnungsprogrammen (Ansys, Abaqus, Marc, Fluent) implementiert sind, einordnen und den Einfluss der wesentlichen Materialparameter identifizieren können.</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beherrschen die Formulierung der globalen und lokalen Aussagen der Hauptsätze der Thermodynamik</li> <li>- können problemorientiert die beschreibenden Feldgleichungen formulieren, das beschreibende Gleichungssystem vervollständigen (konstitutive Beziehungen, Evolutionsgleichungen) und Prozessvariable definieren</li> <li>- können bekannte konstitutive Ansätze für Fluide und Festkörper formulieren.</li> </ul>
<b>Beschreibung</b>
<p>Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik ist in der Kontinuumsmechanik ein effektives Werkzeug zur Herleitung von Restriktionen hinsichtlich der Formulierung von konstitutiven Beziehungen und Dissipationsmechanismen. Das Ziel der Veranstaltung ist die Herleitung von Restriktionen bezüglich der Struktur von konstitutiven Gleichungen und dissipativen Effekten für verschiedene Materialmodelle. Inhalte der Vorlesung:</p> <p><u>Hauptsätze der Mechanik</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebilanz</li> <li>• Entropiegleichung Prinzip der materiellen Objektivität Konstitutive Größen und Prozessvariablen Konstitutive Beziehung und Dissipationsmechanismus</li> <li>• inkompressible Flüssigkeiten</li> <li>• ideale Gase</li> <li>• elastische Festkörper (nichtlineare Stoffgesetze, Hookesches Gesetz)</li> <li>• thermoelastische Festkörper</li> <li>• elastisch-plastische Festkörper</li> <li>• viskose Materialien</li> </ul> <p>Die Vorlesung wird durch Übungen ergänzt. Das Ziel der Übung ist die Entwicklung eines Maple-Codes zur Berechnung von Deformationen, Verzerrungen und Spannungen am Beispiel einer Scheibe sowie die Formulierung der schwachen Form der Bilanz der Bewegungsgröße für ein Scheibenelement. Dieser Code wird auch für die Diskussion verschiedene Materialmodelle der Festkörpermechanik im Rahmen der linearen Theorie herangezogen.</p>

**Studien-/Prüfungsleistung**

Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.

**Literatur**

- Haupt, P.: Continuum mechanics and theory of materials. Springer.
- Wilmanski, K.: Thermomechanics of continua, Springer.
- Hutter, K. & Jöhnk, K.: Continuum Methods of Physical Modeling - Continuum Mechanics, Dimensional Analysis, Turbulence. Springer.

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Kürzel der Veranstaltung</b>
Nonlinear Finite Element Method	FEM-NonLin
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Schröder	keine

<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
3	WS	englisch	keine

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Eigenstudium</b>	<b>Arbeitsaufwand in h</b>	<b>ECTS-Credits</b>
4	60	150	210	7

**Lehrform**

Die Vorlesung wird durch zahlreiche Übungen ergänzt, in denen überwiegend betreute Rechnerübungen zur Vertiefung der Inhalte im Vordergrund stehen.

**Lernziele**

In modernen Ingenieursanwendungen treten nichtlineare Gleichungssysteme auf, die zur Simulation mechanischer Probleme mit Hilfe numerischer Verfahren gelöst werden müssen. Daher ist eine umfangreiche Kenntnis der numerischen Methoden notwendig um in der Lage zu sein die Zuverlässigkeit von Simulationsergebnissen zu bewerten. Das am meisten verwendete Verfahren für komplexe mechanische Probleme ist die nichtlineare Finite-Element Methode, die Gegenstand der Veranstaltung ist.

Dieses Modul vermittelt weitergehende Fähigkeiten bezüglich erweiterter Finiter-Element Techniken, während das Modul „Finite Element Method Foundation“ die Grundlagen erklärt. Der Student erhält Kenntnisse, welche notwendig für das numerische Lösen anspruchsvoller Ingenieursprobleme sind. Außerdem stellt die Veranstaltung die Basis für die Lösung wissenschaftlich orientierter Probleme in dem Gebiet von Diskretisierungsmethoden, sowie Algorithmen in der angewandten Mechanik, bereit.

**Beschreibung**

Die Vorlesung behandelt Methoden zur numerischen Lösung von geometrisch nichtlinearen Anfangs- und Randwertproblemen der Mechanik. Nach einer Darstellung der wesentlichen Grundlagen der nichtlinearen Kontinuumsmechanik wird zentral die Methode der Finiten-Elemente behandelt.

Die Vorlesung gliedert sich wie folgt:

- Motivation und Überblick
- Grundlagen der Kontinuumsmechanik
- Geometrisch nichtlineare Problemstellungen (Standard-Verschiebungsmethode, Formulierung relativ zur Referenzkonfiguration, Formulierung relativ zur Momentankonfiguration)
- Gemischte FE-Formulierungen
- Algorithmen zur Strukturmechanik

**Studien-/Prüfungsleistung**

Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.

**Literatur**

[1] O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor [2005], The Finite Element Method for Solids and Structural Me-

chanics, Elsevier

[2] T. Belytschko, W.K. Liu, B. Moran [2000], Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, Wiley

[3] R. de Boer, J. Schröder [2007], Tensor Calculus for Engineers - with Applications to Continuum and Computational Mechanics

<b>Modulname</b> <b>Elective Courses SS 1-3</b>	<b>Fachbereich</b> engineering science
<b>Verwendung in Studiengang</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master Computational Mechanics</li> </ul>	

<b>Jahr</b>	<b>Dauer</b>	<b>Art des Moduls</b>
1	1	Wahlpflichtmodul

<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
Tensor Calculus, Continuum Mechanics, Numerical Mathematics I, Computer Languages for Engineers I

<b>Nr.</b>	<b>Veranstaltungen</b>	<b>Semester</b>	<b>SWS</b>	<b>Arbeitsaufwand in h</b>	<b>ECTS-Credits</b>
1		2	4	150	5
2		2	4	150	5
3		2	4	150	5
<b>Summe</b>			<b>12</b>	<b>450</b>	<b>15</b>

<b>Kurse</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Computer Architecture</li> <li>• Advanced Numerical Methods</li> <li>• CAD in Civil Engineering</li> <li>• Computational Fluid Dynamics</li> <li>• Concepts of Environment Protection</li> <li>• Design of Concrete Structures</li> <li>• Fatigue and Lifetime of Machine Elements</li> <li>• Finite Element Method - Coupled Problems</li> <li>• Finite Element Method - Modelling in Steel Structures</li> <li>• Geotechnics Project with Lab</li> <li>• Werkstoffauswahl für hohe Temperaturen und Leichtbau</li> </ul>

<b>Beschreibung</b>
Aus einer vorgegebenen Liste von Wahlpflichtfächern, die dem jeweils aktuellen Angebot angepasst werden kann, ist eine vorgegebene Anzahl von technischen Wahlpflichtfächern auszuwählen. Diese ermöglichen eine Vertiefung auf den gewählten Gebieten.

<b>Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnot</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Advanced Computer Architecture	ACA
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Axel Hunger	Informatik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
3	SS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Präsenzveranstaltung mit Vorlesung und Übung und Einsatz von MS-Power Point
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden sind in der Lage moderne Konzepte der Rechnerarchitektur zu erklären und deren Vorteile gegenüber herkömmlichen von-Neumann-Rechnerarchitekturen zu erläutern. Sie sind weiterhin in der Lage, Rechnerarchitekturen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit bezogen auf unterschiedliche Anwendungen zu bewerten.
<b>Beschreibung</b>
Diese Veranstaltung behandelt moderne Konzepte der Rechnerarchitektur, mit deren Hilfe leistungsfähige Rechenanlagen und Rechnernetze entwickelt werden können. Zu Anfang werden Prinzipien vorgestellt, mit denen die Leistungsgrenzen von CPUs herkömmlicher von-Neumann-Rechner überschritten werden können, wie etwa Pipelining, Architektur von Superscalar- und Vektorrechnern, behandelt. Darauf aufbauend werden verteilte Rechnerarchitekturen vorgestellt (Rechner-Arrays sowie verschiedenen Formen von vernetzten Rechnern). Schließlich werden Permutationsnetze als besonderer Aspekt von besonders spezialisierten und leistungsfähigen Rechner-Arrays eingeführt. Ein weiteres Thema ist Cache-Kohärenz in parallelen Systemen. Schließlich werden moderne Höchstleistungsrechner und ihre Eigenschaften vorgestellt sowie aktuelle Entwicklungen im Bereich "Grid Computing" diskutiert.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
schriftliche Prüfung 90 min.
<b>Literatur</b>
1. D.E. Culler, J.P. Singh, A. Gupta Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach Morgan Kaufmann, 1999, ISBN 1-55860-343-3
2. J.L. Hennessy, D.A. Patterson Computer Architecture: A Quantitative Approach Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 3rd edition, 2003

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Advanced Numerical Methods	NumMeth
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr. Axel Klawonn	Mathematik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	SS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesung/Übung
<b>Lernziele</b>
Aufbauend auf die grundlegenden numerischen Methoden aus dem Modul "Introduction to Numerical Methods" sollen in dieser Vorlesung weiterführende numerische Verfahren und Vorgehensweisen erlernt werden; die schon erworbenen Fähigkeiten werden vertieft. Differentialgleichungen spielen eine immer wichtigere Rolle bei der Beschreibung mechanischer Probleme (Elastizität, Plastizität, Schwingungen, etc.). Daher stehen in dieser Lehrveranstaltung Differentialgleichungen und deren effiziente numerische Lösung im Mittelpunkt. Ohne ein sicheres Verständnis der grundlegenden numerischen Verfahren zur Lösung stationärer und instationärer Differentialgleichungen ist eine Beurteilung der Ergebnisse kommerzieller Programmsysteme meist nicht möglich. Die hierzu benötigten Grundlagen und Algorithmen sollen in dieser Lehrveranstaltung behandelt werden. Algorithmisches Denken und die Umsetzung in Programme soll gefördert werden.
<b>Beschreibung</b>
Differentialgleichungen spielen eine immer wichtigere Rolle bei der Modellierung ingenieurtechnischer Vorgänge, z.B. Elastizität, Plastizität, Schwingungen, Strömungsmechanik, etc. In dieser Vorlesung werden verschiedene, grundlegende Klassen von gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen betrachtet. Der Schwerpunkt wird dabei im Bereich der numerischen Lösung dieser Gleichungen liegen, d.h., in der Entwicklung geeigneter Lösungsalgorithmen, deren Konvergenzanalyse und Implementierung auf einem Computer.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Semesters vom Dozenten festgelegt. Möglich sind mündliche oder schriftliche Prüfungen. Der Dozent kann die Teilnahme von der erfolgreichen Bearbeitung der Übungsaufgaben während des Semesters abhängig machen.
<b>Literatur</b>
a) Rappaz, M., Bellet, M., Deville, M., Numerical modeling in materials science and engineering. Springer Series in Computational Mathematics, 32. Springer-Verlag, Berlin, 2003. xii+540 pp.
b) Schwarz, H.R., Numerical analysis. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 1989. xiv+517 pp.
c) Quarteroni, A., Sacco, F., Saleri, F., Numerical mathematics. Second edition. Texts in Applied Mathematics 37, Springer-Verlag, Berlin, 2007. xviii+655 pp.

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
CAD in Civil Engineering	CAD
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Jochen Menkenhagen	Statik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	SS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Seminar / Seminarübung
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden erwerben die Fähigkeiten mit grundlegenden Elementen eines CAD-Programms zwei dimensionale Konstruktionszeichnungen zu erstellen. Sie erwerben ferner die Fähigkeiten zur dreidimensionalen Modellierung von Systemen unter Verwendung zwei dimensionaler Ausgangszeichnung. Auf der Grundlage der CAD-Modellierung erlernen die Studierenden aus der Datenbasis des CAD-Programms eine weiterverarbeitende Verknüpfung der erfassten Systemdaten für Strukturanalysen zu erzeugen. Ausgehend von den in der CAD-Modellierung erfassten Systemdaten erlernen die Studierenden die automatisierte Generierung von Eingabedaten für Berechnungsprogramme. Das Erlernte wird anhand praxisorientierter Beispiele vertieft.
<b>Beschreibung</b>
<p><u>CAD-Grundfunktionalität</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung mit den Elementen einer 2 dimensional Konstruktion</li> <li>• Modellierung mit den Elementen einer 3 dimensional Konstruktion</li> <li>• Verknüpfen dreidimensionaler Objekte mit Bool'schen Operatoren</li> </ul> <p><u>Automation und Skriptprogrammierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Skriptprogrammierung. Die Details ergeben sich aus den Möglichkeiten der eingesetzten Software (z.B VBA und COM-Objekte)</li> <li>• Modellierung projektspezifischer Datenstrukturen</li> <li>• Modellierung einer Oberfläche zur Erfassung der für die Automation erforderlichen Steuerdaten.</li> <li>• Aufbereitung der Projektdaten und Export für einen optional anschließenden Berechnungsschritt.</li> <li>• Programmgesteuertes Ausführen der berechnenden Postprozessoren.</li> </ul>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.
<b>Literatur</b>
- AutoCAD 2006, VBA: A Programmers Reference

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Computational Fluid Dynamics	CFD
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Görner	Umwelttechnik / CFD

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	SS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesung /Übung
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, Effekte und Phänomene reagierender Strömungen und ihre Umsetzung in mathematische Modelle zu verstehen und auf Situationen in der Bautechnik (Strömung in Gebäuden, Umströmung von Gebäuden) und in verwandten Gebieten anzuwenden. Hierzu werden Grundlagen für: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strömungsmechanik</li> <li>- Mathematische Modellierung von Strömungsprozessen allg.</li> <li>- Reaktion,</li> <li>- Wärmeübertragung,</li> <li>- Numerische Lösung der beschreibenden Gleichungen vermittelt.</li> </ul>
<b>Beschreibung</b>
Bilanzgleichungen der Strömungsmechanik: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Euler-/Lagrange Beschreibung der Strömung laminare Strömungen turbulente Strömungen</li> <li>- Zeitgemittelte Gleichung</li> <li>- Turbulenzmodelle Zweiphasenströmung Beschreibung der Wärmeübertragung</li> <li>- Leitung</li> <li>- Konvektiver Transport</li> <li>- Strahlung</li> <li>- Strahlungseigenschaften Beschreibung der chemischen Reaktionen</li> <li>- allg. Grundlagen Numerische Lösung von Gleichungen/ Gleichungssystemen</li> </ul> <p>Beispiele für CFD-Anwendungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfache Strömungen</li> <li>- Zweiphasenströmungen</li> <li>- Reagierende Strömungen</li> <li>- Umströmung von Gebäuden</li> <li>- Strömung in Gebäuden</li> </ul>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.
<b>Literatur</b>
Görner, K.: Technische Verbrennungssysteme. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1991
Görner, K.; Klasen, Th.: Modelling, simulation and validation of the solid biomass combustion in different plants. Progr. Comp. Fluid Dyn., Vol.6, Nos.4/5, 2006
Al-Halbouni, A.; Giese, A.; Flamme, M.; Goerner, K.: Applied modelling for bio and lean gas fired micro gas turbines. Progr. Comp. Fluid Dyn., Vol.6, Nos.4/5, 2006

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Design of Concrete Structures	DCS
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Martina Schnellenbach-Held	Massivbau

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	SS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
a) Vorlesung: Vorlesung, Skript b) Übung: Hörsaalübung
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden erlangen in diesem Modul vertiefte Kenntnisse im Hoch- und Ingenieurbau. Im Rahmen dieser Veranstaltung erlernen sie materialspezifische Besonderheiten sowie die Bemessung von Ingenieurbauwerken mit geeigneten Bemessungsverfahren. Sie erlangen Kenntnisse bezüglich Kurz- und Langzeitverformungen von Stahlbetonkonstruktionen, beherrschen Bemessungsverfahren mit Hilfe von Stabwerkmodellen, können Ermüdungsnachweise führen und sie können für Stahlbetontragwerke des Hoch- und Ingenieurbaus Bemessungs- und Konstruktionsaufgaben lösen.
<b>Beschreibung</b>
Ziel dieses Moduls ist es, den Studierenden vertiefte Kenntnisse im Bereich des Hoch- und Ingenieurbaus zu vermitteln. Die Studierenden erlernen Besonderheiten des zeitabhängigen Materialverhaltens, der Modellierung und der Bemessung von Bauwerken aus Spezialbetonen sowie die Bemessung von WU-Konstruktionen. Erarbeitet wird dies unter anderem am Beispiel von Brückentragwerken aus Stahlbeton und Spannbeton. Dieses Wissen ermöglicht es den Studierenden, Hoch- und Ingenieurbauwerke auch unter besonderen Anforderungen fachgerecht zu bemessen und zu konstruieren.
Lehrinhalte dieser Veranstaltung sind:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verformungseigenschaften von Stahlbetonkonstruktionen</li> <li>- Stabwerkmodelle</li> <li>- Ermüdung</li> <li>- Eigenspannungen, Zwang, Mindestbewehrung</li> <li>- WU-Konstruktionen</li> <li>- Ingenieurbauwerke</li> <li>- Leichtbeton, Hochleistungsbeton, ultrahochfester Beton</li> </ul>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
4 studienbegleitende Hausarbeiten, Klausur
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schnellenbach-Held: Skript zur Vorlesung</li> <li>- Betonkalender 2002 – 2006, Ernst &amp; Sohn</li> <li>- Avak/Goris „Stahlbetonbau aktuell, Praxishandbuch 2004+2005“, Bauwerk-Verlag</li> </ul>

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
<b>Fatigue and Lifetime of Machine Elements</b>	FLME
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Paul Josef Mauk	Materialtechnik / Umformtechnik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4		englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesung /Übung
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden sind in der Lage ausgehend von den statischen und dynamischen Belastungsbedingungen die relevanten Materialkennwerte zu definieren, die zur Beurteilung der Dauerfestigkeit bestimmend sind. Dabei können Sie die Auswirkung von geometrischen, konstruktiven Kerben in ihrer Wirkung auf die Dauerfestigkeit richtig einschätzen sowie die Wirkungen von Rissen auf Bruchsi-cherheit und Lebensdauer bewerten.
<b>Beschreibung</b>
Modul: Bauteil- und Betriebsfestigkeit, Fatigue and life time of machine elements Ausgehend von den statischen und dynamischen Grenzspannungen werden die Dauerfestigkeit metallischer Werkstoffe und die sie beeinflussenden Parameter (Bauteilgröße, Mittelspannung, Oberfläche usw.) behandelt. Die Wirkung von Bauteilkerben an verschiedenen Werkstoffen und die daraus ermittelte Gestaltfestigkeit und Sicherheit zusammen mit den bruchmechanischen Kenngrößen metallischer Werkstoffe führen auf den Nachweis der Bauteil- und Betriebsfestigkeit von Maschinen- und Anlagenteilen. Die Fragen der Lebensdauer und der Belastbarkeit werden an Beispielen betrachtet. Die Behandlung der Kriechfestigkeit bei erhöhten Temperaturen ergänzen die Inhalte.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.
<b>Literatur</b>
Rösler, J., Harders, H., Bäker, M.: Mechanisches Verhalten der Werkstoffe, Teubner Verlag, Wiesbaden, Juni 2006, ISBN-13 978-3-8351-0008-4
Schott, G.: Werkstoffermüdung – Ermüdungsfestigkeit, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart, 1997, ISBN-3-342-00511-4
Radaj, D.: Ermüdungsfestigkeit – Grundlagen für Leichtbau, Maschinen- und Stahlbau, Springer-Verlag, Berlin, 1995, ISBN-3-540-58348-3
Haibach, Erwin: Betriebsfestigkeit – Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung, Springer-Verlag, Berlin, 2002, ISBN 3-540-43142-X
Dowling, N., E.: Mechanical Behavior of Materials – Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2007 ISBN 0-13-186312-6
Hertzberg, R., W.: Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996, ISBN 0-471-01214-9

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Finite Element Method - Coupled Problems	FEM - Coupled
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Tim Ricken	Computational Mechanics

SWS	Turnus	Sprache	Voraussetzungen
4	SS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesung und Übung im Computer Pool
<b>Lernziele</b>
<p>Neben den rein mechanischen Fragestellungen können mit der Finiten Element Methode (FEM) auch komplexere Fragestellungen mit gekoppelten Feldgleichungen behandelt werden. Beispiele hierfür sind</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• thermo-mechanische Kopplung,</li> <li>• elektro-mechanische Kopplung,</li> <li>• chemisch-mechanische Kopplungen oder Kombinationen hieraus.</li> </ul> <p>Die Studierenden werden in die Lage versetzt, gekoppelte mechanische Probleme unter Verwendung der Methode der finiten Elemente numerisch zu behandeln und zu lösen. Die Studierenden erlernen dabei Techniken, mit denen auch andere als die explizit in dem Kurs behandelten gekoppelten Probleme gelöst werden können. Die Studierenden werden damit in die Lage versetzt, Lösungsstrategien für allgemeine gekoppelte Probleme zu entwerfen.</p>
<b>Beschreibung</b>
<p>Die Behandlung dieser Aufgabenstellungen erfordert zum einen die Entwicklung von gekoppelten Materialgleichungen, welche den thermodynamischen Grundsätzen nicht widersprechen, zum anderen kann die Erweiterung des Gleichungssystems um eine zusätzliche Prozessvariable wie z. B. die Temperatur, das elektrische Feld oder eine chemische Zustandsvariable die numerischen Lösungseigenschaften im Rahmen der finite Element Approximation negativ beeinflussen. Für eine stabile Lösung gekoppelter Probleme mit Hilfe der Finiten Element Methode müssen thermodynamisch konsistente Materialgleichungen Formuliert werden erweiterte Finite Element Formulierungen entwickelt und geeignete numerische Lösungsverfahren eingesetzt werden.</p> <p>Die Studierenden erlernen für gekoppelte Mehrfeldprobleme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die möglichen Anwendungsfelder,</li> <li>• die thermodynamische konsistente Beschreibung</li> <li>• die geeignete Finite Element Formulierung und</li> <li>• die geeigneten numerischen Approximationsverfahren</li> </ul> <p>Die Vorlesung wird durch eine Übung im Computer Pool ergänzt. Hierbei sollen zum einen eigenständig Finite Elemente für Mehrfeldprobleme programmiert werden, zum anderen werden kommerzielle Programme zur Lösung von Mehrfeldproblemen eingesetzt.</p>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
<p>Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.</p>
<b>Literatur</b>
<p>Holzapfel, G.A.: Nonlinear solid mechanics. Wiley, 2000.  Hutter, K. &amp; Jöhnk, K.: Continuum methods of physical modeling. Springer, 2004.  Müller, I.: Grundzüge der Thermodynamik. Springer, 1994.  Wilmanski, K.: Thermomechanics of continua. Springer, 1998.</p>

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
<b>Geotechnics Project with Lab</b>	GeoLab
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Werner Richwien	Bodenmechanik/Geotechnik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	SS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesung / Übung / Laborpraktikum
<b>Lernziele</b>
Das Praktikum befähigt die Studierenden ihr Fachwissen in einem Team einzubringen. Sie können die einzelnen Schritte eines geotechnischen Projektes eigenständig bearbeiten, einschl. der festzulegenden Feld- und Laborversuche. Sie können die gemachten Ergebnisse gegenüber Dritten darstellen und erläutern.
<b>Beschreibung</b>
Die Studierenden werden in Gruppen eingeteilt und erhalten je eine Gründungsaufgabe, für die zunächst die erforderlichen Felduntersuchungen festzulegen sind. Die erarbeiteten Konzepte werden im Rahmen der Lehrveranstaltungen in Kurzvorträgen vorgestellt und von den Teilnehmern diskutiert. In einem zweiten Bearbeitungsschritt werden die durchzuführenden bodenmechanischen Laborversuche ausgearbeitet, in den Lehrveranstaltungen vorgestellt und besprochen. Anschließend werden die Versuche unter Anleitung des Laborpersonals im Labor des Instituts durchgeführt. Im Anschluss daran wird die Abfassung bodenmechanischer Untersuchungsberichte erläutert. Ein solcher wird dann für jede Gründungsaufgabe angefertigt. Dieser enthält die Darstellung der Ergebnisse der Feld- und Laborversuche sowie deren gründungstechnische Bewertung.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
mündl. Prüfung 30 Min.
<b>Literatur</b>
Richwien, W.; Lesny, K.: Bodenmechanisches Praktikum, 11. Auflage, Verlag Glückauf, 2004 Buja, H.: Handbuch der Baugrunderkundung, Werner Verlag, 1999 Smolczyk, Ulrich (Hrsg.): Geotechnical Engineering Handbook, Volume 1, Ernst und Sohn, 2003 Lancellotta, R.: Geotechnical Engineering, Balkema, 1995

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
<b>Werkstoffauswahl für hohe Temperaturen und Leichtbau</b>	
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. habil. Alfons Fischer	Werkstofftechnik

SWS	Turnus	Sprache	Voraussetzungen
4	SS	deutsch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesung / Übung
<b>Lernziele</b>
Die Veranstaltung hat das Ziel, die notwendigen Kenntnisse im Zusammenhang mit Werkstoffen für den Einsatz bei erhöhten Temperaturen und für den Leichtbau für den Ingenieursberuf zu vermitteln. Dabei steht der Zusammenhang zwischen den Gebrauchs- und Fertigungseigenschaften im Vordergrund. Es werden Beispiele aus den Bereichen Maschinen- und Anlagenbau und der bewegten Bauten vorgestellt und in der Übung ergänzend vertieft.
<b>Beschreibung</b>
Auf der Basis der Grundlagen aus Werkstoffkunde und Fertigungstechnik werden die Kriterien und die möglichen Strategien für eine gezielte Werkstoffauswahl für warmfeste und hochwarmfeste Anwendungen sowie für den Leichtbau vorgestellt. Neben den Gebrauchs- und Fertigungseigenschaften sind im Weiteren die sonstigen Eigenschaften, die eine Auswahl beeinflussen, wie Preis, weltweite Verfügbarkeit, Stand der internationalen Normung, etc. Bestandteil der Vorlesung. Die Übung zur Werkstoffauswahl orientiert sich an der Vorgehensweise, wie sie im Buch „Materials Selection in Mechanical Design“ von Michael F. Ashby (Butterworth) beschrieben ist. Zu diesem Zweck werden mit Hilfe der entsprechenden Software am Rechner Aufgaben von den Studenten selbstständig zu lösen sein.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Klausurarbeit mit einer Dauer von 60 Minuten
<b>Literatur</b>
Bürgel; Handbuch Hochtemperaturwerkstofftechnik, Vieweg Schatt; Konstruktionswerkstoffe, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Budinski; Engineering Materials, Pearson Ashby; Werkstoffe 1 und 2, Elsevier Ashby; Materials Selection in Mechanical Design, Butterworth

<b>Modulname</b>	<b>Fachbereich</b>
<b>Elective Courses WS 1-3</b>	engineering science
<b>Verwendung in Studiengang</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master Computational Mechanics</li> </ul>	

Jahr	Dauer	Art des Moduls
1	1	Wahlpflichtmodul

<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
Tensor Calculus, Continuum Mechanics, Numerical Mathematics I, Computer Languages for Engineers I, Finite Element Method Foundation, Thermodynamics of Materials

Nr.	Veranstaltungen	Semester	SWS	Arbeitsaufwand in h	ECTS-Credits
1		3	4	150	5
2		3	4	150	5
3		3	4	150	5
<b>Summe</b>			<b>12</b>	<b>450</b>	<b>15</b>

<b>Kurse</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Modeling and Simulation Techniques</li> <li>• Analysis of Structures</li> <li>• Computational Inelasticity</li> <li>• CSCW and Software Engineering</li> <li>• Finite Element Method - Design of Structural Connection</li> <li>• Finite Element Method - Modelling Concrete Structures</li> <li>• Finite Element Method - Multiphase Materials</li> <li>• Modelling and Numerical Simulation of Geotechnical Problems</li> <li>• Parallel Computing</li> <li>• Pre-stressed Concrete</li> <li>• Schwingungsanalyse mit MATLAB</li> <li>• Simulation of Landfill Bodies</li> <li>• Technische Schadensanalyse</li> </ul>

<b>Beschreibung</b>
Aus einer vorgegebenen Liste von Wahlpflichtfächern, die dem jeweils aktuellen Angebot angepasst werden kann, ist eine vorgegebene Anzahl von technischen Wahlpflichtfächern auszuwählen. Diese ermöglichen eine Vertiefung auf den gewählten Gebieten.

<b>Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnot</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
<b>Advanced Modeling and Simulation Techniques</b>	ModSim
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Dieter Schramm	Mechatronik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4		englisch	keine

**Lehrform**

Vorlesung (2SWS), Übungen (2 SWS). Vorlesung: Präsentation von PowerPoint Folien mit zusätzlichem Nachrechnen auf dem Overhead-Projektor. Übung: Vorrechnen von Aufgabenbeispielen technischer/dynamischer Systeme auf dem Overhead-Projektor. Rechnerübung: Praktische Anwendung von Simulationsprogrammen wie Matlab/Simulink und Dymola zur Modellierung und Simulation von technischen/dynamischen Systemen.

**Lernziele**

Die Studierenden werden durch die Vorlesung in die Lage versetzt, geeignete mathematische Methoden zur Simulation mechanischer und mechatronischer Systeme kompetent auszuwählen und anzuwenden. Diese Fähigkeiten sind für die Erreichung der Ziele des Studiengangs „Computational Mechanics“ unverzichtbar. Die Studierenden sind fähig, diese Methoden auch auf komplexe Probleme, die im Fokus des Studienganges stehen, erfolgreich anzuwenden. Sie sind weiterhin in der Lage, Simulationsergebnisse korrekt zu interpretieren und zu diskutieren sowie ihre Relevanz und Gültigkeit für das gegebene Problem zu beurteilen. Im Rahmen von Übungen und Praktika gewinnen sie praktische Erfahrungen bei der Anwendung der erlernten Techniken auf studiengangrelevante Problemstellungen unter Verwendung handelsüblicher Ingenieurs-Software wie Matlab/Simulink und Dymola. Weiterhin beherrschen sie Methoden zur Identifikation von Systemparametern und zur Optimierung mechanischer und mechatronischer Systeme.

**Beschreibung**

Die Veranstaltung behandelt die fortgeschrittene Modellbildung und Simulation technischer Systeme (Vorlesung) und Anwendungen (Übung). Inhalte im Einzelnen:

- Definitionen, Begriffsbildung
- Domänen-spezifische und domänen-übergreifende Methoden in verschiedenen technischen Bereichen (z.B. Mechanik, Hydraulik, Elektrik, Elektronik)
- Methoden zur Modellierung mechatronischer Systeme
- Modellierung von Systemen mit konzentrierten und verteilten Parametern
- Aufstellung und fortgeschrittene Verfahren zur Lösung differentieller und differential-algebraischer Gleichungen
- Analyse linearer Systeme
- Modalanalyse
- Stabilität mechatronischer Systeme
- Simulation mit objekt-orientierten Simulationssprachen
- Lineare und nichtlineare Identifikation von Parametern und Optimierung
- Anwendung von Matlab/Simulink und Dymola
- Anwendungen

**Studien-/Prüfungsleistung**

schriftliche oder mündliche Prüfung

**Literatur**

- F.E. Cellier: Continuous System Modeling, Springer Verlag, 1991
- M. Hermann: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen. München, Wien: Oldenbourg, 2004

- H. Bossel : Systemdynamik. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 1987
- D. Möller: Modellbildung, Simulation und Identifikation Dynamischer Systeme, Springer-Lehrbuch, 1992
- P. Fritzon: Principles of Object-Oriented Modelling and Simulation with Modelica
- Slides and handouts in both English and German

<b>Veranstaltungsname</b> Analysis of Structures	<b>Veranstaltungskürzel</b> AS
<b>Lehrende</b> Prof. Dr.-Ing. Jochen Menkenhagen	<b>Fach</b> Statik

<b>SWS</b> 4	<b>Turnus</b> WS	<b>Sprache</b> englisch	<b>Voraussetzungen</b> keine
-----------------	---------------------	----------------------------	---------------------------------

<b>Lehrform</b>
Seminar / Seminarübung
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit räumliche Elemente für die Strukturmodellierung einzusetzen. Ausgehend von der Vorgehensweise bei linearen Berechnungen erlernen die Studierenden die Anwendung von Stabilitätsanalysen unter Verwendung der FEM und FSM. Hierbei erlernen die Studierenden die Bedeutung der Vorgehensweise bei der Berücksichtigung geometrischer und physikalischer Nichtlinearitäten. Weiter erlernen die Studierenden die Berechnungsergebnisse und Iterationsverläufe zu interpretieren. Zum Ende der Veranstaltung wird das Erlernte auf die dynamische Analyse von Systemen erweitert.
<b>Beschreibung</b>
<u>Modellierung</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ebene Stabwerke</li> <li>• Modellierung von Flächen- und Volumenstrukturen</li> <li>• Berechnung und Verifizieren der Berechnungsergebnisse räumlicher Systeme</li> <li>• Geometrisch nichtlineare Berechnungen (Theorie II.-Ordnung)</li> <li>• Physikalisch nichtlineare Berechnungen, Materialgesetze</li> </ul> <u>Stukturanalyse</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stabilitätsanalyse von Profilen unter Verwendung der Methode der finiter Streifen</li> <li>• Versagensformen von Profilgeometrien (lokales, globales Stabilitätsversagen)</li> <li>• Dynamische Analyse (Frequenzanalyse, modale Analyse)</li> </ul>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- FEM für Praktiker – Band 1: Grundlagen</li> <li>- FEM für Praktiker – Band 2: Strukturdynamik</li> <li>- FEM für Praktiker – Band 3: Temperaturfelder</li> </ul>

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Computational Inelasticity	Com Inelas
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Schröder	Mechanik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	WS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Die Vorlesung wird durch zahlreiche Übungen ergänzt, in denen überwiegend betreute Rechnerübungen zur Vertiefung der Inhalte im Vordergrund stehen.
<b>Lernziele</b>
Ingenieurleistungen setzen immer mehr die Verwendung moderner Materialien voraus, welche nichtlineare mechanische Eigenschaften aufweisen. Zur Simulation solcher Materialien ist die mathematische Beschreibung des Materialverhaltens ebenso wichtig wie die numerische Implementierung. Das wesentliche Ziel dieser Veranstaltung ist die Vermittlung von grundlegenden Kenntnissen bezüglich nichtlinearer Materialgleichungen sowie deren numerische Behandlung. Dabei sollen gängige Eigenschaften wie isotrope Elasto-Plastizität bei kleinen Deformationen, durch moderne Anforderungen an Materialmodelle wie große Verzerrungen oder Anisotropie ergänzt werden. Der Student erhält umfangreiche Kenntnisse auf dem Gebiet der numerischen Materialbeschreibung und lernt die Möglichkeiten sowie Grenzen der Simulation moderner Materialien kennen.
<b>Beschreibung</b>
Die Vorlesung behandelt Methoden zur numerischen Lösung von physikalisch nichtlinearen Anfangs- und Randwertproblemen der Mechanik. Es wird eine Reihe nichtlinearer Materialgesetze vorgestellt, die im Einzelnen folgende Gliederung der Vorlesung ergeben: - Motivation und Überblick - Schädigung bei kleinen Verzerrungen - Elasto-Plastizität bei kleinen Verzerrungen - Hyperelastizität (große Verzerrungen) - Anisotropie
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.
<b>Literatur</b>
[1] J.C. Simo, T.J.R. Hughes [2004], Computational Inelasticity, Springer [2] J. Lemaitre [1996], A Course on Damage Mechanics, Springer [3] I. Doghri [2000], Mechanics of Deformable Solids, Springer

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
CSCW and Software Engineering	CSCW
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Axel Hunger Dr.-Ing. Stefan Werner	Informatik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	WS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesung, Seminar und Praktikum
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden sind fähig, die Grundkonzepte der rechnergestützten Gruppenarbeit im Kontext des Anwendungsgebietes Software Engineering zu beschreiben. Darüber hinaus sind sie in der Lage den Einsatz von Groupware im Zusammenhang mit nicht technischen Aspekten wie den der interkulturellen Kommunikation kritisch zu hinterfragen und ihr Wissen in die Konzeption einer technischen Umgebung einzubringen. Das Praktikum befähigt die Studierenden ihr eigenes Fachwissen in ein Team einzubringen, Werkzeuge und deren spezielle Unterstützungsfunktionen zu analysieren und deren Einsatz unter speziellen Randbedingungen sinnvoll zu planen.
<b>Beschreibung</b>
Die Vorlesung behandelt zunächst Grundkonzepte verteilter Systeme und des Software Projektmanagements und führt anschließend in die rechnergestützte Gruppenarbeit ein. Im zweiten Teil der Veranstaltung werden die bisher separat behandelten Themen der rechnergestützten Gruppenarbeit einerseits und des Software-Engineering andererseits zusammengeführt. Der Einsatz virtueller Teams im modernen Software-Engineering wird aus verschiedenen Blickwinkeln diskutiert. Schwerpunkte bilden dabei räumliche verteilte Teams, die Organisation virtueller Teams sowie interkulturelle Kommunikation und deren Einfluss auf Groupware. Schließlich werden spezielle Prozessmodelle zur Unterstützung verteilter Software-Engineering Teams vorgestellt. Das Praktikum zur Vorlesung ist als Projektpraktikum aufgebaut. Die Studierenden lernen einerseits verschiedene synchrone und asynchrone Groupware Applikationen kennen. Darüber hinaus planen sie den Einsatz von Groupware in einem virtuellen Unternehmen unter verschiedenen Randbedingungen wie Unternehmensstruktur, Prozessabläufe, Kosten, Ressourcen etc.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
schriftliche Prüfung 90 min.
<b>Literatur</b>
1 Borghoff, U.M.; Schlichter, J.H.: Computer Supported Cooperative Work, Springer Verlag 2000 2 Altmann, J.: Cooperative Software Development: Computer-Supported Coordination and Cooperation, PhD-Thesis, Trauner, Linz, 1999 3 Werner, S.: Synchrone Groupware für die Software Engineering Ausbildung, dissertation.de-Verlag, Berlin 2003 4 Henrich, A.: Management von Softwareprojekten, R. Oldenbourg Verlag, München, 2001

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Finite Element Method - Modelling Concrete Structures	FEM-CS
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Martina Schnellenbach-Held	Massivbau

SWS	Turnus	Sprache	Voraussetzungen
4	WS	deutsch/englisch	keine

<b>Lehrform</b>
a) Vorlesung: Vorlesung, Skript b) Übung: Hörsaalübung
<b>Lernziele</b>
Aufgrund gesteigerter Rechnerleistungen kommen heute für die Bauwerksberechnung überwiegend computergesteuerte Berechnungsmethoden zum Einsatz. Die Berechnung der Bauwerke mit der linearen und nichtlinearen Finite Elemente Methode (FEM) hat daher im Massivbau zunehmend an Bedeutung gewonnen. Aufbauend auf bereits erlernten Kenntnissen der Finite Elemente Methode werden in diesem Modul die Besonderheiten des nicht elastischen Verbundwerkstoffes Stahlbeton für die FEM-Berechnung dargestellt. Aufgrund dieser Erkenntnisse sind die Studierenden in der Lage, Tragwerke des Stahlbetonbaus praxisorientiert und realitätsnah zu modellieren und zu bemessen. Den Studierenden ist es möglich, Stahlbetontragwerke mit Hilfe nichtlinearer FE-Verfahren zu bemessen.
<b>Beschreibung</b>
Durch komplexer werdende Bauwerke und die gestiegene Nachfrage nach einer tragsicheren Bemessung unter möglichst wirtschaftlichen Aspekten gewinnt die Berechnung von Massivbaubauwerken mittels FEM zunehmend an Bedeutung. Den Studierenden werden in diesem Modul folgende Lehrinhalte vermittelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Theoretische Grundlagen der FEM</li> <li>- Elementtypen</li> <li>- Diskretisierung</li> <li>- Modellbildung im Stahlbetonbau</li> <li>- Lineare Finite-Elemente-Berechnungen</li> <li>- Nichtlineare Finite-Elemente-Berechnungen im Stahlbetonbau</li> <li>- Iterationsverfahren</li> <li>- Werkstoffmodelle</li> <li>- Praktische Durchführung nichtlinearer Berechnungen</li> </ul> <p>Mit Hilfe dieser Erkenntnisse ist es dem Studierenden möglich, das Material-, Trag- und Verformungsverhalten von Verbundwerkstoffen zu modellieren und zu berechnen. Darüber hinaus ist es ihm möglich, aufwändige Massivbaubauwerke unter sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten realitätsnah zu modellieren und zu bemessen.</p>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
4 studienbegleitende Hausarbeiten, Klausur
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schnellenbach-Held, Keuser: Finite Elemente im Massivbau – Skript zur Vorlesung</li> <li>- Bathe, K.J.: Finite Element Methoden, Deutsche Übersetzung, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1986</li> <li>- Krätzig, W.B.; Basar, Y.: Tragwerke: Theorie und Anwendung der Methode der Finiten Elemente, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg, 1997</li> <li>- Stempniewski, Eibl: Finite Elemente im Stahlbeton, Beton-Kalender 1996, Verlag Ernst &amp; Sohn, Berlin</li> </ul>

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Finite Element Method - Multiphase Materials	MultMat
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Tim Ricken	Computational Mechanics

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	WS	Englisch	keine

<b>Lehrform</b>
a) Vorlesung: Vorlesung, Skript b) Übung: Hörsaalübung / PC-Übung
<b>Lernziele</b>
<p>Für viele industrielle Anwendungen wird eine Beschreibung von Materialien benötigt, welche sich aus mehreren Komponenten zusammensetzen. Beispiele hierfür sind Flüssigkeit gefüllte poröse Böden, mit Gas durchströmte Filter oder Biomaterialien. Auch in der Prozesssimulation wie z.B. der Stahlherstellung ist eine Beschreibung mittels eines Mehrphasenmodells sinnvoll. In der Vorlesung wird das Antwortverhalten der Materialien im Rahmen einer kontinuumsmechanischen Beschreibung behandelt.</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Mehrphasensystemen kontinuumsmechanische behandeln</li> <li>• können thermodynamisch konsistente Materialgleichungen bei Mehrphasensystemen formulieren</li> <li>• können Randbedingungen bei Mehrphasensystemen formulieren</li> <li>• können das gekoppelte Gleichungssystem für die numerische Behandlung aufbereiten</li> <li>• können das Berechnungskonzepts anhand numerischer Beispielrechnungen verifizieren</li> </ul>
<b>Beschreibung</b>
<p>Als konzeptionellen Zugang für die Behandlung diskreter Mehrkomponentenmaterialien wird die Theorie der porösen Medien vorgestellt. Für die Entwicklung thermodynamisch konsistenter Materialgleichungen wird das konzeptionelle Vorgehen zur Entwicklung thermodynamisch konsistenter Materialgleichungen behandelt. Die Lösung des resultierenden Gleichungssystems erfolgt numerisch unter Verwendung der Methode der finiten Elemente (FEM). Aufgrund des zumeist stark gekoppelten und nichtlinearen Charakters des zu lösenden Gleichungssystems werden spezielle Elementformulierungen vorgestellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation und Überblick</li> <li>• Einführung in die Theorie poröser Medien (TPM)</li> <li>• Entwicklung thermodynamisch konsistenter Materialgleichungen</li> <li>• Kontinuumsmechanische Behandlung</li> <li>• Beispiel: Flüssigkeitsgesättigter poröser Festkörper</li> <li>• Diskussion der Randbedingungen</li> <li>• Aufbereitung des gekoppelten Gleichungssystems für die numerische Behandlung</li> <li>• Verifikation des Berechnungskonzepts anhand numerischer Beispielrechnungen</li> </ul>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
<p>Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.</p>
<b>Literatur</b>
<p>de Boer, R.: Theory of porous media - highlights in the historical development and current state, Springer-Verlag, 2000</p> <p>Ricken, T.: Kapillarität in porösen Medien - Theoretische Untersuchung und numerische Simulation, Dissertation, Shaker Verlag, Aachen, 2002</p>

Ricken, T., Schwarz, A., Bluhm, J.: A Triphasic Model of Transversely Isotropic Biological Tissue with Application to Stress and Biological Induced Growth, Computational Materials Science 39, 124 – 136, 2007

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
<b>Modelling and Numerical Simulation of Geotechnical Problems</b>	MNSGP
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Werner Richwien Dr.-Ing. Kerstin Lesny	Bodenmechanik/Geotechnik

SWS	Turnus	Sprache	Voraussetzungen
4	WS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Die Vorlesung wird durch zahlreiche Übungen ergänzt, in denen überwiegend betreute Rechnerübungen zur Vertiefung der Inhalte im Vordergrund stehen.
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, komplexe geotechnische Fragestellungen, deren Grundlagen sie bereits im Bachelor Studiengang kennen gelernt haben, durch Anwendung numerischer Verfahren zu lösen. Die Studierenden lernen hierbei zunächst, derartige Aufgaben zu strukturieren, Teilprobleme zu identifizieren und die Bearbeitung in geeignete Schritte zu untergliedern. Zur Lösung dieser Teilaufgaben werden die Studierenden dann mit Standardsoftware vertraut gemacht, die in der Ingenieurpraxis weit verbreitet ist. Sie lernen, diese Software sinnvoll einzusetzen, aber auch die Anwendungsgrenzen solcher Programme zu erkennen. Darauf aufbauend werden die Studierenden mit der Anwendung der Finiten Element Methode in der Geotechnik vertraut gemacht. Hierbei lernen die Studierenden komplexe Stoffgesetze zur Beschreibung des Materialverhaltens verschiedener Bodenarten kennen. Sie erwerben die Fähigkeit, für verschiedene Fragestellungen geeignete Stoffgesetze auszuwählen, die erforderlichen Stoffparameter zu identifizieren, aber auch die Modellverifizierung zu beurteilen. Am Ende der Veranstaltung sind die Studierenden grundsätzlich in der Lage, für einfache Fragestellungen ein FE-Modell zu erstellen, die Berechnungen durchzuführen und die Qualität der Ergebnisse kritisch zu bewerten.
<b>Beschreibung</b>
Im ersten Teil der Veranstaltung werden anhand verschiedener geotechnischer Problemstellungen (z. B. Entwurf einer Baugrube einschließlich Verbau und Grundwasserabsenkung; Standsicherheits- und Setzungsberechnung für eine Flachgründung in geschichtetem Baugrund) Strategien zur Lösung komplexer Aufgaben entwickelt (wie z. B. Identifizierung verschiedener Bau- bzw. Planungszustände und der maßgebenden Belastung). Zur Bearbeitung dieser Aufgaben wird geotechnische Standardsoftware eingesetzt. In der begleitenden Übung im Computerpool erhalten die Studierenden eine Einführung in diese Software und können dann unter Anleitung die entsprechenden Aufgaben selbstständig bearbeiten. Im zweiten Teil der Veranstaltung werden zunächst verschiedene Stoffgesetze der Bodenmechanik vorgestellt. Dazu gehören die Stoffgesetze von Mohr-Coulomb und Drucker-Prager, das Hardening Soil Model, das Cam-Clay Model sowie das hypoplastische Stoffgesetz. Die grundlegende Formulierung dieser Stoffgesetze, ihre Anwendungsgrenzen, die erforderlichen Stoffparameter und ihre Bestimmung werden diskutiert. Unter Verwendung des kommerziellen Programms PLAXIS wird dann der Einsatz der Finiten Element Methode zur Lösung geotechnischer Fragestellungen erörtert. Dabei geht es um die Modellierung von Bauteil und Boden, die Netzgenerierung und die Auswahl geeigneter Stoffgesetze für Bauteile und Böden. In der ergänzenden Übung werden einfache Aufgaben simuliert (z. B. Grundbruch oder Böschungsbruch) und die Ergebnisse anhand von konventionellen Vergleichsrechnungen bewertet. Außerdem wird der Einfluss unterschiedlicher Stoffgesetze auf das Endergebnis untersucht und durch Nachrechnung von Elementversuchen (Triaxial- und Scherversuche) die Notwendigkeit der Verifizierung aufgezeigt
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
mündl. Prüfung 30 Min.

**Literatur**

- Chen, W.F.; Baladi, G.Y.: Soil Plasticity-Theory and Implementation, Elsevier, 1985  
Desai, C.; Siriwardane, H.: Constitutive Laws for Engineering Materials with Special Emphasis on Geologic Materials, Prentice Hall, 1984  
Kolymbas D.: Constitutive Modelling of Granular Materials, Springer, 2000  
Manuals PLAXIS, 2003  
Wu, W., Bauer, E. (1994): A Simple Hypoplastic Constitutive Model for Sand, Int. J. for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol. 18, p. 833-862

<b>Veranstaltungsname</b> Parallel Computing	<b>Veranstaltungskürzel</b> ParComp
<b>Lehrende</b> Dr. rer. nat. Oliver Rheinbach	<b>Fach</b> Mathematik

<b>SWS</b> 4	<b>Turnus</b> WS	<b>Sprache</b> deutsch	<b>Voraussetzungen</b> keine
-----------------	---------------------	---------------------------	---------------------------------

<b>Lehrform</b> Vorlesung und Übung
<b>Lernziele</b> Die schnellsten Rechner der Welt sind heute massiv parallele Systeme mit verteiltem Speicher und Hunderttausenden von Prozessoren. Kleinere Parallelrechner aus preiswerten Standardkomponenten werden erfolgreich in der Industrie eingesetzt. Sie sind heute sogar für kleine und mittlere Unternehmen erschwinglich geworden. Zudem hat durch die Verbreitung von Mehrkerntechnologie das parallele Rechnen mit gemeinsamen Speicher stark an Bedeutung gewonnen. In dieser Veranstaltung werden theoretische und praktische Kenntnisse des parallelen wissenschaftlichen Rechnens vermittelt. Dabei wird auf grundlegende Prinzipien paralleler Algorithmen eingegangen ebenso wie auf ihre Implementierung mit Hilfe geeigneter Softwarestandards. Insbesondere kann auch auf das parallele Lösen von Gleichungssystemen, wie sie etwa bei der Diskretisierung mechanischer Probleme mit der Finite-Elemente-Methode entstehen, eingegangen werden.
<b>Beschreibung</b> Die Vorlesung behandelt die Themen: Grundlagen des Entwurfs parallel effizienter Algorithmen; das Rechnen mit gemeinsamen Speicher und zugehörige Softwarestandards (etwa OpenMP); das Rechnen mit parallelem Speicher und zugehörige Softwarestandards (etwa MPI); parallele lineare Algebra, etwa paralleles Lösen linearer Gleichungssysteme; In der Übung werden parallele Algorithmen entworfen und mit Hilfe von freien Implementierungen der Softwarestandards programmiert. Zudem können aktuelle parallele, numerische Softwarebibliotheken eingesetzt werden.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b> Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.
<b>Literatur</b> William Gropp, Ewing Lusk, Anthony Skjellum, Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface, MIT press, 2000 Anne Greenbaum, Iterative Methods for Solving Linear Systems, SIAM, 1997 Michael Quinn, Parallel Programming in C with MPI and OpenMP, McGraw-Hill, 2003 Ananth Grama, Anshul Gupta, George Karypis, Introduction to Parallel Computing: Design and Analysis of Algorithms, Addison-Wesley, 2nd ed. 2003

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Pre-stressed Concrete	PC
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Martina Schnellenbach-Held	Massivbau

SWS	Turnus	Sprache	Voraussetzungen
4	WS	deutsch/englisch	keine

<b>Lehrform</b>
a) Vorlesung: Vorlesung, Skript b) Übung: Hörsaalübung
<b>Lernziele</b>
Ein besonderes Teilgebiet des Massivbaus ist die Bemessung von Spannbetontragwerken. In diesem Modul erlernen die Studierenden die Bemessung von Spannbetonbauteilen und deren Besonderheiten hinsichtlich Materialtheorie, Modellierung und Bemessung. Es wird ihnen möglich sein, zeitabhängige Betonverformungen zu formulieren und zu ermitteln. Darüber hinaus werden sie die Grundlagen des Entwurfs und der Ausführung von Bauteilen und Bauwerken aus Spannbeton beherrschen.
<b>Beschreibung</b>
Vorgespannte Betonbauteile werden im Ingenieurbau sowie zunehmend auch im Hochbau eingesetzt. Aus diesem Grunde wird in diesem Modul der Bemessung von Spannbetonbauteilen besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die Studierenden erlernen den technischen Hintergrund der Spannbetontechnologie, materialspezifische Besonderheiten sowie die Modellierung und Bemessung von Spannbetonbauteilen. Vermittelt werden in diesem Modul folgende Lehrinhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorspanntechnologie</li> <li>- Zentrisch vorgespannte Bauteile</li> <li>- Lastfall Vorspannung für statisch bestimmte und statisch unbestimmte Bauteile</li> <li>- Querschnittswerte und Querschnittsformen</li> <li>- Zeitabhängiges Materialverhalten</li> <li>- Spannkraftverluste</li> <li>- Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit</li> <li>- Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</li> <li>- Entwurf von Spannbetonkonstruktionen</li> </ul>
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
4 studienbegleitende Hausarbeiten Klausur
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schnellenbach-Held: Grundlagen des Spannbetonbaus und Spannbeton – Bemessung und Konstruktion – Skripte zur Vorlesung</li> </ul>

<b>Veranstaltungsname</b> Technische Schadensanalyse	<b>Veranstaltungskürzel</b>
<b>Lehrende</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Alfons Fischer	<b>Fach</b> Werkstofftechnik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
3	WS	deutsch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesung / Übung
<b>Lernziele</b>
Die Grundlagen der mechanischen und chemischen Beanspruchungen werden vermittelt und hinsichtlich einer möglichen Schadenseinleitung und -ausbreitung vertieft. Anhand von Beispielen aus nahezu allen Bereichen der Ingenieurwissenschaften werden die Schadenserscheinungsformen vorgestellt und mit den Schadensmechanismen in Beziehung gesetzt. Diese Kenntnisse werden in Übungen an Schadteilen vertieft und incl. des Berichtswesens von den Studenten unter Anleitung nachvollzogen..
<b>Beschreibung</b>
Die Vorlesung befasst sich mit den modernen Strategien zur Schadensanalytik. Dabei werden zunächst die Schädigungsmechanismen von mechanisch, chemisch und thermisch bedingten Schäden vorgestellt und deren direkte Zuordnung anhand von Schädigungserscheinungsformen erläutert. Die Vorgehensweise stützt sich dabei auf optische, physikalische und chemische Analysemethoden, die heute üblich sind. Nach Bestimmung der Schadensmechanismen und der Schadenfolge werden mögliche Wege zur Schadenabhilfe (Sofortmaßnahmen) und grundsätzlichen Vermeidung (Gegenmaßnahmen) vor dem Hintergrund realer Schäden aufgezeigt. In der Übung führen die Studentinnen und Studenten anhand von Schadteilen im Team unter Anleitung und selbstständig vollständige Schadensanalysen incl. dem notwendigen Berichtswesen durch.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.
<b>Literatur</b>
<b>BROICHHAUSEN, JOSEF:</b> Schadenskunde : Analyse und Vermeidung von Schäden in Konstruktion, Fertigung und Betrieb. Du: 33WFB1760, E: 41WBF83
<b>LANGE, GÜNTER [HRSG.]:</b> Systematische Beurteilung technischer Schadensfälle. Du: 43ZHE1904, E: 41ZLP1230
<b>GROSCH, JOHANN: [SERIE]</b> Schadenskunde im Maschinenbau : charakteristische Schadensursachen - Analyse und Aussagen von Schadensfällen. E: 41ZLI1374
<b>KAESCHE, HELMUT:</b> Die Korrosion der Metalle : physikalisch-chemische Prinzipien und aktuelle Probleme. Du: D33ZMU1213, E: 31ZMP1006(2)
<b>KUNZE, EGON [HRSG.]</b> Korrosion und Korrosionsschutz Du: D33ZMP1226, E E40ZMP1266
<b>VDI-RICHTLINIE 3822:</b> Schadensanalyse, Teil 1- Teil 5 Digitale Bibliothek über VDI-Richtlinien

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Schwingungsanalyse mit MATLAB	MATLAB
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Dr.-Ing. Bernhardt Weyh	Materialtechnik

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	WS	deutsch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesungen / Übungen am PC
<b>Lernziele</b>
Die Studierenden erlernen den Umgang mit MATLAB und erhalten einen Einblick in den Funktionsumfang einer modernen Programmieroberfläche. Dazu gehören Erfassung, Modellierung, Strukturierung und Aufbereitung einfacher schwingungstechnischer Problemstellungen; Symbolisch unterstütztes Erstellen von Bewegungsgleichungen; Durchführung numerischer System-Analysen und -Synthesen; Auswertung, Visualisierung und Interpretation von Beispiel-Problemstellungen.
<b>Beschreibung</b>
Das Programmpaket MATLAB ist ein Werkzeug zur numerischen Bearbeitung von einfachen bis hin zu komplexen technischen Systemen. Es ist zur schnellen Analyse und Synthese dynamischer Vorgänge insbesondere in der Prototypenentwicklung geeignet und wird heute zunehmend in der Industrie eingesetzt. In dieser Lehrveranstaltung soll eine Einführung in MATLAB an ausgewählten Beispielen gegeben und u.a. auf die Problemkreise der Schwingungsanalyse passiver und aktiver linearer als auch nichtlinearer Systeme angewandt sowie durch Übungen am Rechner vertieft werden. Dies schließt die Verknüpfung von Symbolik und Numerik ein. 2D- und 3D-Visualisierungen zur Ergebnisinterpretation werden erarbeitet. Im Anschluss an die Einführung in die MATLAB-Programmierschnittstelle und deren Sprachelemente werden folgende Problemkreise behandelt: • Schwingungsanalyse linearer Systeme: Eigenschwingungen und erzwungene Schwingungen; Modalanalyse zur Schwingungsbeurteilung (Dämpfungs- und Resonanzverhalten); Beispiele der Strukturmechanik mit FE-Diskretisierung auf Balkenelementbasis. • Untersuchung nichtlinearer Systeme: Berechnung stationärer und instationärer Vorgänge (Einführung in eine blockorientierte Programmierung); Linearisierungstechniken. • Einführung in die Computeralgebra unter MATLAB mit MAPLE-Kern, symbolisches Erstellen von Starrkörper-Bewegungsgleichungen sowie Verknüpfung von Symbolik und Numerik.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.
<b>Literatur</b>
Angermann, Beuschel, Rau, Wohlfahrt: MATLAB-Simulink-Stateflow, 2.Aufl., Oldenbourg Verlag München 2003 Dresig, H.: Schwingungen mechanischer Antriebssysteme. Springer-Verlag, Berlin 2001 Eich-Soellner, Führer: Numerical Methods in Multibody Dynamics. Teubner-Verlag, Stuttgart 1998 Hoffmann, Brunner: MATLAB & Tools für die Simulation dynamischer Systeme, Addison-Wesley Verlag GmbH 2002 Müller, Schiehlen: Linear Vibrations. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht 1985 Pietruszka, W.D.: MATLAB in der Ingenieurpraxis. B.G. Teubner Verlag, Stuttgart 2005 Pratap, R: Getting Started with MATLAB 6. A Quick Introduction for Scientists and Engineers, Oxford University Press, New York-Oxford 2002 Schiehlen Eberhard: Technische Dynamik. 2. neubearb. und erg. Aufl., Teubner-Verlag, Stuttgart

1986

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungskürzel</b>
Simulation of Landfill Bodies	Sim Landfill
<b>Lehrende</b>	<b>Fach</b>
Prof. Dr.-Ing. Renatus Widmann	Siedlungs- und Abfallwirtschaft

<b>SWS</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	WS	englisch	keine

<b>Lehrform</b>
Vorlesungen und begleitende Übungen, in denen unter anderem computergestützte Simulationen durchgeführt werden.
<b>Lernziele</b>
Die Veranstaltung gibt einen Überblick zum Stand der Deponietechnik. Es werden die biologischen, chemischen und physikalischen Vorgänge in einem Deponiekörper beschrieben. Mit der Einführung der Theorie poröser Medien sowie den gewonnenen Erkenntnissen über die Aktivitäten in einer Deponie wird das numerische Simulationsmodell erläutert. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, mit den gewonnenen theoretischen Kenntnissen selbständig einen Deponiekörper charakterisieren sowie eine numerische Simulationen über das langfristige Emissionsverhalten durchführen zu können.
<b>Beschreibung</b>
Eine prozessorientierte und auf experimentellen Untersuchungen gestützte numerische Simulation zur Bewertung des Emissionsverhaltens eines Deponiekörpers im Langzeitmaßstab kann maßgebend zur Abschätzung des Risikopotentials in der Deponienachsorgephase beitragen. Die Modellierung der Transport- und Umsetzungsprozesse in Siedlungsabfalldeponien, unter Berücksichtigung der biologischen Aktivität der Mehrphasenströmungen in porösen Körpern mechanisch und numerisch zu erfassen, ist für die Abfallwirtschaft von großem Interesse. Die biologischen, chemischen und physikalischen Vorgänge im abgelagerten Abfall sind eng aneinander gebunden und können deshalb nur mit Hilfe gekoppelter Differentialgleichungen (Formulierung von Bilanzgleichungen) beschrieben werden. Ein auf Grundlage der Theorie poröser Medien entwickeltes Modell dient mit Hilfe experimenteller Untersuchungen und deren Ergebnissen zur Charakterisierung des Deponiekörpers und der im Langzeitmaßstab entstehenden Emissionen.
<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt; aufgrund dessen können als Prüfungen Klausuren mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten bzw. mündliche Prüfungen mit einer Dauer von 30 bis 60 Minuten festgesetzt werden. Die Sprache der Prüfung ist gleich der Sprache der Veranstaltung.
<b>Literatur</b>
Ustohalova, V.: Process Oriented Modeling of the Long-term Behavior Impact of Landfills in Closure Care and Post Closure Care – Decompositions and Transport Processes, Dissertation, Shaker Verlag, Aachen, 2006
Widmann, R., Ustohalova, V., Ricken, T.: Modelling of decomposition processes in landfills with applications to the organic phase transitions, 19th International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, 2004
Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT): Geotechnik der Deponien und Altlasten. GDA-Empfehlungen, 3. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, 1997

**Modulhandbuch Master Computational Mechanics**

<b>Modulname</b> Soft Skills	<b>Kürzel des Moduls</b>
<b>Modulverantwortlicher</b> Prof. Dr.-Ing. Tim Ricken	<b>Fachbereich</b>
<b>Verwendung in Studiengang</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master Computational Mechanics</li> </ul>	

<b>Studienjahr</b>	<b>Dauer</b>	<b>Modultyp</b>
2	1	Wahlpflichtmodul

<b>Voraussetzungen laut PO</b>	<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>

Nr.	Veranstaltungen	Semester	SWS	Arbeitsaufwand in h	ECTS-Credits
1	Soft Skills 1	3	3	120	4
2	Soft Skills 2	3	3	120	4
<b>Summe</b>			<b>6</b>	<b>240</b>	<b>8</b>

<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Kürzel der Veranstaltung</b>
Master-Abschlussarbeit	

<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzungen</b>
4	WS	deutsch/englisch	

<b>Beschreibung</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Eigenstudium</b>	<b>Arbeitsaufwand in h</b>	<b>ECTS-Credits</b>
Master-Abschlussarbeit	0	810	810	27
Master-Abschlussarbeit Kolloquium		90	90	3

<b>Studien-/Prüfungsleistung</b>
Zusätzlich zu der schriftlichen Ausarbeitung der Masterarbeit wird die Eigenständigkeit der Leistung durch ein verpflichtendes Kolloquium überprüft.

## Impressum

University Duisburg Essen  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften  
Prof. Dr.-Ing. Tim Ricken  
Universitätsstr. 15  
45141 Essen  
Deutschland

Phone: +49 / (0)201 / 1832681

Fax: +49 / (0)201 / 1832680

Email: tim.ricken@uni-due.de

Die aktuelle Version des Modulhandbuchs ist zu finden unter:  
<http://www.uni-due.de/computationalmechanics/>

[www.uni-duisburg-essen.de/studium/bologna/modulhandbuch](http://www.uni-duisburg-essen.de/studium/bologna/modulhandbuch)

Rechtlich bindend ist die Prüfungsordnung.

## Legende

WS Wintersemester

SS Sommersemester

SWS Semesterwochenstunden

Cr. Anrechnungspunkte (Credits)

V Vorlesung

Ü Übung

P Praktikum

S Seminar

d deutsch

e englisch