

*der Bundeswehr*  
**Universität**  **München**

**Universität der Bundeswehr München**  
Werner-Heisenberg-Weg 39  
85577 Neubiberg

**Modulhandbuch des Studiengangs**

**Mathematical Engineering**  
**(Master of Science)**

**an der**  
**Universität der Bundeswehr München**

**(Version 2018)**

# Inhaltsverzeichnis

## **Pflichtmodule - ME 2018**

1372	Optimierung.....	4
1530	Partielle Differentialgleichungen.....	6
1531	Simulation.....	8
1532	Stochastik.....	10
1533	Quantitative Modelle.....	12
1534	Product Lifecycle Management.....	14

## **Wahlpflichtmodule IT-Sicherheit und Kommunikationssysteme - ME 2018**

1211	Algorithmen in der Mathematik.....	16
1220	Quellencodierung und Kanalcodierung.....	18
1243	Signal- und Informationsverarbeitung.....	20
1244	Kommunikationstechnik II.....	22
1245	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik, Mobilkommunikation.....	24
1289	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit.....	27
1634	IT-Sicherheit.....	30
1635	Wahlpflichtmodul - IT-Sicherheit & Kommunikationssysteme.....	32

## **Wahlpflichtmodule Mechatronik - ME 2018**

1227	Praktikum: Elektrische Maschinen.....	34
1237	Systeme der Leistungselektronik.....	36
1240	Messtechnik und Sensorik.....	38
1241	Automatisierungstechnik.....	40
1242	Antriebsregelung und Aktorik, EMV in der Energietechnik.....	43
1364	Technische Mechanik I und II für ME.....	46
1535	Wahlpflichtmodul - Mechatronik.....	48

## **Wahlpflichtmodule Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018**

1314	Nichtlineare Statik.....	49
1333	Strömungssimulation in Labor und Computer.....	51
1334	Kontinuumsmechanik und Werkstoffmodelle.....	54
1343	Schalentragwerke.....	56
1468	Bauen im Einsatz und Sicherheit der baulichen Infrastruktur.....	58
1538	Wahlpflichtmodul - Modellierung und Simulation im Bauwesen.....	60
1539	Massivbau Vertiefung.....	61
1540	Stahlbau Vertiefung.....	63
1544	Projektarbeit (ME MSB).....	65

## **Wahlpflichtmodule Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme - ME 2018**

1048	Aerothermodynamik.....	66
1053	Computational Fluid Dynamics.....	68
1067	Höhere Technische Mechanik.....	70
1089	Strukturdynamik.....	72
1090	Wärme- und Stofftransport.....	74
1537	Wahlpflichtmodul - Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme...	76
1545	Projektarbeit (ME-MLRTS).....	77
<b>Master-Arbeit - ME 2018</b>		
1097	Masterarbeit ME.....	78
<b>Verpflichtendes Begleitstudium plus</b>		
1008	Seminar studium plus, Training *.....	79
<b>Übersicht des Studiengangs: Konten und Module.....</b>		<b>82</b>
<b>Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen.....</b>		<b>84</b>

Modulname	Modulnummer
Optimierung	1372

Konto	Pflichtmodule - ME 2018
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Matthias Gerdts	Pflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13723	VL	Optimierung	Pflicht	4
13724	UE	Optimierung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Analysis, lineare Algebra
Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen nach erfolgreichem Bestehen des Moduls fortgeschrittene Werkzeuge zur mathematischen Modellierung und numerischen Lösung von beschränkten und unbeschränkten Optimierungsproblemen, die in der Technik häufig vorkommen.
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellbeispiele aus der Praxis</li> <li>• Unrestringierte Optimierung <ul style="list-style-type: none"> <li>- notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen</li> <li>- global konvergente Abstiegsverfahren (z.B. Gradientenverfahren, Trust-Region-Verfahren)</li> <li>- lokal schnell konvergente Verfahren (z.B. Newton- und Quasi-Newton-Verfahren)</li> </ul> </li> <li>• Restringierte Optimierung <ul style="list-style-type: none"> <li>- notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen</li> <li>- numerische Verfahren (z.B. SQP-Verfahren, Penalty-Verfahren)</li> </ul> </li> <li>• Ausgewählte Kapitel (z.B. lineare Optimierung, konvexe Optimierung, parametrische Optimierung)</li> </ul>
Literatur
Geiger, C., Kanzow, C.: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben, Springer-Verlag, 1999 Geiger, C., Kanzow, C.: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben, Springer-Verlag, 2002

Gerds, M., Lempio F.: Mathematische Optimierungsverfahren des Operations Research, DeGruyter Verlag, 2011 Nocedal, J., Wright, S.J.: Numerical optimization, Springer Series in Operation Research, New York, 1999
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten (ohne Hilfsmittel) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel)
<b>Verwendbarkeit</b>
Anwendung des erlangten Wissens in allen Studienschwerpunkten
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester und beginnt im Frühjahrstrimester des 1. Masterjahres.

Modulname	Modulnummer
<b>Partielle Differentialgleichungen</b>	1530

Konto	Pflichtmodule - ME 2018
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Thomas Apel	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15301	V/Ü	Partielle Differentialgleichungen	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse aus der Analysis (Funktionenreihen, Differentialrechnung von Funktionen einer und mehrerer Veränderlicher), aus der Funktionalanalysis, aus der Linearen Algebra und der Numerischen Mathematik;  
grundlegende Kenntnisse zu gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen, wie sie im Modul Differentialgleichungen im Bachelor ME vermittelt werden;  
Fähigkeiten im Programmieren numerischer Algorithmen.

#### Qualifikationsziele

Viele naturwissenschaftliche Vorgänge können durch Anwendung der Erhaltungssätze der Physik modelliert und erklärt werden, zum Beispiel die Dynamik von Bauwerken und Robotern, die Ausbreitung von Wärme in Turbinen und Triebwerken, das Verhalten elektrischer Netzwerke und die Verwirbelungen von Luft bei der Durchfahrt von Zügen durch ein Tunnel. In der Sprache der Mathematik entstehen aus der Anwendung von Erhaltungssätzen der Physik im Allgemeinen Differentialgleichungen. Diese Differentialgleichungen können nach Bauart und Komplexität sehr unterschiedlich sein. In diesem Modul lernen die Studierenden, partielle Differentialgleichungen nach verschiedenen Gesichtspunkten zu klassifizieren und daraus Lösungseigenschaften abzuleiten. Für einfache Aufgaben werden die Studierenden in die Lage versetzt, Lösungsdarstellungen anzugeben.

Komplizierte Aufgaben können nicht analytisch gelöst werden, dazu benötigt man numerische Methoden. Die Studierenden sollen Algorithmen für die numerische Lösung von Differentialgleichungen kennen lernen und in die Lage versetzt werden, diese zu analysieren und Zusammenhänge zu erkennen.

Die eigenverantwortliche Umsetzung der Algorithmen auf dem Rechner dient zunächst der Übung im Programmieren und der kritischen Analyse des eigenen Programms. Der eigentliche Zweck der Programme ist aber das Spielen mit Parametern, wodurch Einsichten in das Verhalten der Algorithmen und die Kondition der Probleme erzielt werden.

<p>Das Modul soll bei den Studierenden Begeisterung für das Fach wecken, die analytischen Fähigkeiten verbessern, das logische und unabhängige Denken schulen. Durch das selbständige Programmieren und Austesten der Algorithmen wird die praktische Handlungsfähigkeit sowie die Kritikfähigkeit verbessert. Das Modul ergänzt das Modul Differentialgleichungen aus dem Bachelor ME.</p>
<p><b>Inhalt</b></p> <p>Behandelt werden Lösungseigenschaften, analytische Methoden und numerische Verfahren (insbesondere Finite Differenzen, Finite Volumen sowie Finite Elemente) für Anfangs- bzw. Randwertprobleme für</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elliptische partielle Differentialgleichungen,</li> <li>- parabolische partielle Differentialgleichungen,</li> <li>- hyperbolische partielle Differentialgleichungen.</li> </ul>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Larsson, St.; Thomée, V.: Partielle Differentialgleichungen und numerische Methoden. Springer, Berlin, 2005</li> <li>- Tveito A., Winther R.: Einführung in partielle Differentialgleichungen, Springer, Berlin, 2002</li> <li>- Großmann, Chr.; Roos, H.-G.: Numerik partieller Differentialgleichungen. Teubner, Stuttgart, 2006</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p> <p>Schriftliche Prüfung 90 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p> <p>Pflichtmodul im Master-Studiengang ME; Kenntnisse anwendbar in allen Modulen, in denen physikalische Vorgänge durch partielle Differentialgleichungen beschrieben werden, wie Festkörpermechanik, Strömungsmechanik und Elektrodynamik</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p> <p>Das Modul dauert ein Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr im Wintertrimester.</p>

Modulname	Modulnummer
Simulation	1531

Konto	Pflichtmodule - ME 2018
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Oliver Rose	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11433	VÜ	Simulation	Pflicht	3
15312	P	Praktikum Modellbildung und Simulation (klein)	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Grundlegende Kenntnisse zu Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.

Qualifikationsziele
Ziel der Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist es, die Studierenden mit speziellen Techniken der Modellentwicklung und rechnergestützter Simulation vertraut zu machen. Insbesondere sollen sie Studierenden dabei lernen, wie Qualität, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit komplexer Simulationsmodelle durch Auswahl entsprechender Entwurfs- und Testmethoden gewährleistet werden können.

Inhalt
Im Rahmen dieses Moduls werden die Studierenden zunächst anhand von Beispielen in die unterschiedlichen Einsatz- und Anwendungsbereiche der rechnergestützten Simulation eingeführt. Sie sollen dabei die unterschiedlichen, bei Entwurf und Implementierung eines Simulationsmodells zu berücksichtigenden Einfluß-, Steuer- und Ausgabeparameter kennenlernen. Im Mittelpunkt dieser Einführung werden des weiteren Klassifikationen von Anwendungsbereichen und Techniken der rechnergestützten Simulation stehen, mit dem Schwerpunkt auf der diskreten Simulation. Die Studierenden werden danach unterschiedliche Prinzipien von Ablaufsteuerungen, Zufallszahlenerzeugung, Datenerhebung und -auswertung sowie Möglichkeiten und Problematik der Modell-Verifikation und -Validierung kennenlernen. Außerdem werden Chancen, Risiken und Vorgehensweisen von Modellentwurfsprozessen, einer komponentenbasierten Modellentwicklung sowie paralleler und verteilter Simulationsanwendung behandelt. Es wird der Einsatz von Modellierungsmethoden und Techniken rechnergestützter Simulation unter besonderen Randbedingungen bzw. für spezielle Verwendungszwecke behandelt. Dabei handelt es sich einmal um:



<ul style="list-style-type: none"><li>• Maßnahmen zur Sicherstellung der Gültigkeit und Qualität von Modellen und deren Ergebnissen hinsichtlich eines bestimmten Verwendungszwecks (Verifikation und Validierung von Modellen),</li><li>• Techniken zur Kopplung von Modellkomponenten oder Modellen, sowie deren verteilte oder parallele Ausführung auf mehreren Prozessoren oder Rechnern aus Gründen der Erhöhung der Leistungsfähigkeit oder auch der Zuverlässigkeit (Parallele und verteilte Simulation),</li><li>• Vorgehensweisen und Methoden zum Einsatz von Simulation als ein Hilfsmittel zu Entscheidungsfindungen, welche meist unter Realzeit- bedingungen zu erfolgen haben und zu verlässlichen Ergebnissen führen müssen.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein: mündliche Prüfung zur Vorlesung und schriftliche Ausarbeitung mit Präsentation für das Praktikum
<b>Verwendbarkeit</b>
Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit auf dem Gebiet der Modellbildung und Simulation. Da außerdem in nahezu allen Disziplinen zunehmend rechnergestützte Simulation als Hilfsmittel für Analysen und bewertende Untersuchungen eingesetzt wird, erleichtert es den Studierenden bei Auswahl dieses Moduls Einschätzung des Potentials von Simulation und deren Anwendungen in vielen Fachgebieten.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 bis 2 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Stochastik	1532

Konto	Pflichtmodule - ME 2018
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. Stefan Schäffler	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15321	V/Ü	Stochastik	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Analysis einer und mehrerer Variablen, Lineare Algebra
Inhalt
<p>A. Wahrscheinlichkeitsrechnung</p> <p>Zufallsexperimente und Wahrscheinlichkeitsräume;</p> <p>Zufallsvariablen und ihre Verteilung, Wahrscheinlichkeitsfunktion, Dichte;</p> <p>Verteilungs- und Quantilfunktion, Quantiltransformation;</p> <p>bedingte Wahrscheinlichkeit und Unabhängigkeit;</p> <p>der Erwartungswert reeller Zufallsvariablen;</p> <p>Varianz, Kovarianz(matrix), Korrelation;</p> <p>Standardmodelle: Binomial- und Multinomialverteilung, ein- und mehrdimensionale Normalverteilung, Gamma-, Chiquadrat-, Beta-, F- und t-Verteilung;</p> <p>Konvergenzbegriffe: Konvergenz fast überall, stochastische, <math>L^2</math>- und schwache Konvergenz;</p> <p>Gesetze der großen Zahlen und zentraler Grenzwertsatz.</p> <p>B. Statistik</p> <p>der statistische Raum;</p>

Stichproben und Stichprobenfunktionen: Stichprobenmittel, Stichprobenvarianz, empirische Verteilungsfunktion, Ordnungs- und Rangstatistiken, Stichprobenquantile;

Satz von Glivenko-Cantelli und Satz von Student;

Schätzfunktionen: Erwartungstreue, Effizienz;

Maximum-Likelihood-Schätzung;

Informationsungleichung und Höchsteffizienz;

Konsistenz von Schätzfunktionen;

Konfidenzbereiche, insbesondere für Binomial- und Gaußmodelle;

Tests: Gütefunktion, Irrtumsniveau, p-Wert;

Binomial-, Gauß-, t-Tests, Chiquadrat-Tests, Zwei-Stichproben-t-Tests;

Anpassungs- und Unabhängigkeitstests;

lineare Regression.

#### Literatur

- L.Wasserman, All of Statistics, Springer.
- O. Georgii, Stochastik, de Gruyter.

#### Leistungsnachweis

schriftliche Prüfung von 90 min oder mündliche Prüfung von 30 min

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester und wird im ersten Fachtrimester (Wintertrimester) angeboten.

Modulname	Modulnummer
Quantitative Modelle	1533

Konto	Pflichtmodule - ME 2018
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Siegle	Pflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10321	VÜ	Quantitative Modelle	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Wahrscheinlichkeitsrechnung auf Bachelor-Niveau wird vorausgesetzt. Voraussetzung ist ferner eine Vertrautheit mit dem grundlegenden Aufbau von technischen Systemen, insbesondere von IKT-Systemen.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen, ein existierendes oder geplantes reales System auf ein Modell abzubilden und anhand des Modells Aussagen über die zu erwartende Leistungsfähigkeit und/oder Zuverlässigkeit zu machen. Sie werden in die Lage versetzt, die Zusammenhänge zwischen den diversen Parametern eines Systems und den zu erwartenden Leistungs- und Zuverlässigkeitskenngößen zu verstehen. Die Studierenden sollten nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul in der Lage sein, (Rechner-)Systeme performanter und verlässlicher zu entwerfen, bzw. existierende Systeme bezüglich Performance und Verlässlichkeit zu bewerten.

#### Inhalt

Neben der Frage, ob ein modernes IKT-System seine funktionalen Anforderungen korrekt und vollständig erfüllt, spielt die Frage nach der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Systems eine zentrale Rolle. Modelle mit stochastischem Charakter sind ein wichtiges Hilfsmittel für die Leistungs- und Zuverlässigkeitsbewertung von Systemen. In diesem Modul werden die Grundlagen solcher Modelle und ihrer quantitativen Analyse behandelt. Einfache stochastische Prozesse, insbesondere Markov-Prozesse mit diskretem oder stetigem Zeitparameter werden eingeführt. Dann werden wichtige Leistungs- und Zuverlässigkeitskenngößen definiert und bestimmt. Grundlegende Gesetzmäßigkeiten, wie das Gesetz von Little, werden erläutert. Es werden unterschiedliche Typen von Bediensystemen betrachtet, und schließlich verschiedene Verfahren für die Analyse von Warteschlangennetzen und die numerische Analyse von Markovketten vorgestellt.

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung über 60 min oder mündliche Prüfung über 30 min oder Notenschein. Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung ist die erfolgreiche Bearbeitung von Aufgaben während der Übungen und zu Hause. Der Prüfungsmodus und die Details zur Aufgabenbearbeitung werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Angesichts der hohen Leistungs- und Zuverlässigkeitsanforderungen an IT-basierte Systeme in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen (z.B. verteilte eingebettete Systeme, Prozesssteuerungen, sicherheitskritische Systeme, Workflow-Systeme oder paralleles wissenschaftliches Rechnen) bilden die erworbenen Kenntnisse einen wichtigen Bestandteil der Ausbildung von Informatikern, Ingenieuren und angewandten Mathematikern.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester.

Modulname	Modulnummer
Product Lifecycle Management	1534

Konto	Pflichtmodule - ME 2018
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Karcher	Pflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11681	VL	Integrierte Anwendungssysteme im Product Lifecycle Management	Pflicht	3
11682	UE	Integrierte Anwendungssysteme im Product Lifecycle Management	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

## Qualifikationsziele

Das Modul bietet einen theoretisch fundierten und gleichzeitig praxisnahen Einblick in komplexe Einsatzfelder von Anwendungssystemen in produktzentrierten Wertschöpfungsketten. Die Teilnehmer erwerben die Fähigkeiten und Kenntnisse, die zur systematischen und modellbasierten Spezifikation, Entwicklung, Einführung und Anpassung integrierter Anwendungssysteme erforderlich sind. Dazu gehören das Grundverständnis der domänenspezifischen Anforderungen sowie allgemeine Grundlagen über Aufbau und Funktion der eingesetzten Standardsysteme. Den Überbau bilden die zu vermittelnden Kenntnisse und Fähigkeiten bezogen auf Modellbildung, Vorgehenssystematik, Referenzmodelle und Standards.

## Inhalt

Im Modul Product Lifecycle Management stehen industrielle, produktzentrierte Wertschöpfungsketten im Mittelpunkt der Betrachtung. Die rechnerbasierte Entwicklung und Verwaltung von komplexen Produkten und Systemen gehört bereits seit den Anfängen der Informatik zu deren wichtigsten Anwendungsfeldern. Wo der Rechner im Kontext des so genannten Computer Aided Design (CAD) ursprünglich das Zeichenbrett der Ingenieure ablöste und damit die Digitalisierung des kompletten Produktentwicklungsprozesses initiierte, gilt es heute mit Verfahren und Methoden der (Wirtschafts-) Informatik integrierte Anwendungssysteme zu konzipieren, zu entwickeln und an die sich permanent ändernden Randbedingungen von produzierenden Unternehmen anzupassen.

Das Aufgabenspektrum reicht dabei von der ersten Produktidee über die Gestaltung, die Produktion, den Vertrieb bis hinein in die Betriebs- und Wartungsphase der Produkte und Systeme - das so genannte Product Lifecycle Management (PLM). Die enorme Komplexität, die mit der Bereitstellung aller Daten und Dokumente in zunehmend

<p>verteilten und unternehmensübergreifenden PLM-Prozessen verbunden ist, ist ohne entsprechend integrierte Anwendungssystemlandschaft nicht mehr beherrschbar. Das Modul vermittelt hier den Studierenden einen fundierten Einblick in die Anwendungssysteme des Product Lifecycle Managements. Dabei erfolgt zunächst eine allgemeine Einführung in die Anforderungen und die entsprechenden PLM-Wertschöpfungsketten. Darauf aufsetzend wird dann im zweiten Teil die Architektur und Schnittstellenproblematik typischer verteilter PLM-Anwendungssysteme vertieft und an Praxisbeispielen verdeutlicht.</p> <p>Abschließend wird die Thematik der systematischen, unternehmensspezifischen Spezifikation, Ersterstellung und Anpassung (Customizing) von am Markt verfügbaren PLM-Anwendungssystemen auf der Basis von Standards und Referenzmodellen verankert.</p> <p>Einblicke in konkrete Fallbeispiele und Industrieprojekte runden das Modul ab.</p>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p>
<p>Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer oder leistungsbezogener Notenschein. Die Art der Prüfung wird jeweils zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p>
<p>Durch die Behandlung unternehmensbezogener Problemfelder und praxisorientierter Beispiele bereitet das Modul auf die industrielle Praxis vor.</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p>
<p>Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Algorithmen in der Mathematik</b>	1211

Konto	WPFL IT-Sicherheit und Kommunikationssystem - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Cornelius Greither	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	164	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12111	VÜ	Algorithmische Zahlentheorie	Wahlpflicht	5
12112	VÜ	Ausgewählte mathematische Methoden in Kryptographie und Codierungstheorie	Wahlpflicht	3
12113	VÜ	Quantencomputer	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>8</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Generelles Interesse an Mathematik und Theorie. Es ist nützlich, Modul "Elementare Zahlentheorie und Kryptographie" absolviert zu haben, aber bei entsprechender Einsatzbereitschaft nicht unbedingt notwendig.

#### Qualifikationsziele

Einerseits hinreichende Vertrautheit mit den theoretischen Grundlagen; andererseits die Fähigkeit, bestehende Verfahren korrekt zu beurteilen und einzuordnen, und eventuell bei der Entwicklung neuer Verfahren zu assistieren.

#### Inhalt

Die Veranstaltung "Algorithmische Zahlentheorie" behandelt Grundbegriffe und wichtige Algorithmen aus der algebraischen Zahlentheorie, unter anderem Primzahlen und ihre Verallgemeinerungen, Primalitätstest, Faktorisierungsmethoden, und den Umgang mit elliptischen Kurven. Kryptographische Anwendungen werden im Blick behalten, sie sind aber nicht alleiniger Ausgangspunkt.

Die Veranstaltung "Ausgewählte mathematische Methoden der Kryptographie und Codierungstheorie" befasst sich mit ausgewählten und fortgeschrittenen Themen aus der Kryptographie und/oder der Codierungstheorie. Hierhin gehören kryptographische Verfahren, die auf zahlentheoretischen Ergebnissen aufsetzen, und "gute" Codes, die man mit Hilfe von algebraischen Kurven gefunden hat. Sowohl kryptographische als auch codierungstheoretische Inhalte sind vorgesehen; die Gewichtung zwischen diesen beiden Gebieten kann aber variieren.

In der Veranstaltung "Quantencomputer" wird das Modell des Quantencomputers vorgestellt. Seit Jahrzehnten gibt es nämlich die Hoffnung, dass man durch effizientes



Ausnutzen von quantenmechanischen Vorgängen Computer bauen kann, die bestimmte Berechnungsprobleme schneller lösen können als herkömmliche Computer. Zuerst werden einige mathematische Grundlagen gelegt, und es wird eine kurze Einführung in die notwendigen Begriffe der Quantenmechanik gegeben. Dann wird das Modell des Quantencomputers eingeführt, und es werden verschiedene Algorithmen für Quantencomputer behandelt, unter anderem der Algorithmus von Grover und der berühmte Faktorisierungsalgorithmus von Shor. Auch Komplexitätstheoretische Aspekte werden besprochen.
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 60 min oder mündliche Prüfung von 30 min am Ende des WT oder des HT. Ankündigung der Prüfungsform am Anfang des HT.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 bis 2 Semester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbstsemester. Als Startzeitpunkt ist das Herbstsemester im 1. Studienjahr vorgesehen.
<b>Sonstige Bemerkungen</b>
Neben der Pflichtveranstaltung "Algorithmische Zahlentheorie" ist eine der beiden anderen Vorlesungen mit Übungen im Umfang von 3 TWS zu belegen.

Modulname	Modulnummer
Quellencodierung und Kanalcodierung	1220

Konto	WPFL IT-Sicherheit und Kommunikationssystem - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12201	V/Ü	Quellencodierung und Kanalcodierung	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik A, B,C</li> <li>• Wünschenswert sind Kenntnisse der Signalverarbeitung (z.B. Module „Signalverarbeitung und Informationsverarbeitung digitale Regelung und Sensornetze“ oder „Signalverarbeitung und Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik“ oder „Digitale Signalverarbeitung“)</li> <li>• Wünschenswert sind Kenntnisse der Mobilkommunikation</li> <li>• Wünschenswert sind Kenntnisse der Kommunikationstechnik, wie sie in den Vorlesungen „Signale und Kommunikationssysteme“ und „Kommunikationstechnik I“ (BA-Modul „Kommunikationstechnik“) und „Kommunikationstechnik II“ (MA-Modul „Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnik“ oder „Kommunikationstechnik B“) vermittelt werden</li> </ul>
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse der Quellencodierung und beispielhafte Quellencodierverfahren</li> <li>• Grundkenntnisse der informationstheoretischen Grundlagen der Kanalcodierung</li> <li>• Kenntnisse grundlegender Codierverfahren und ihrer Decodierung</li> <li>• Kenntnisse zur analytischen Untersuchung von Codierverfahren</li> <li>• Verständnis des Turbo-Prinzips zur iterativen Decodierung und Verständnis der Anwendung dieses Prinzips bei anderen Detektionsproblemen</li> <li>• Kenntnis von Codierungsverfahren in kommerziellen Systemen</li> <li>• Verständnis der praktischen Probleme bei der Implementierung von Codierungsverfahren in kommerziellen Systemen</li> <li>• Fähigkeit zur Abgrenzung von Quellen- und Kanalcodierung nach Zweck, Wirkungsweise und Einsatzgebieten</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzeinführung in die Informationstheorie</li> <li>• Quellencodierungstheorem</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Quellencodierverfahren: Huffman code, Shannon-Fano Algorithmus, Lempel-Ziv Algorithmus</li> <li>• Kanalcodierungstheorem</li> <li>• Kanalkapazität verschiedener Übertragungskanäle</li> <li>• Prinzip der Kanalcodierung</li> <li>• Prinzip der Maximum-Likelihood und Maximum-A-Posteriori Decodierung</li> <li>• Soft-in soft-out Decodierung</li> <li>• Lineare Blockcodes</li> <li>• Analytische und simulative Bestimmung der Fehlerwahrscheinlichkeit von Blockcodes</li> <li>• Low Density Parity Check (LDPC) Codes:             <ul style="list-style-type: none"> <li># Tanner Graphen</li> <li># Message Passing Decodierung</li> </ul> </li> <li>• Faltungscodes und Viterbi-Decodierung</li> <li>• Verkettete Codes und iterative Decodierung:             <ul style="list-style-type: none"> <li># Parallel und seriell verkettete Codes, Turbo-Codes</li> <li># Turbo-Decodierung</li> <li># Beurteilung und Konstruktion von Codes mithilfe von EXIT Charts (Grundlagen)</li> <li># MAP Decodierung mit dem BCJR Algorithmus (Grundlagen)</li> </ul> </li> <li>• Anwendungen von Quellencodierung und Kanalcodierung in kommerziellen Systemen (u.a. CD, DVD, Funkkommunikation)</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche Modulprüfung von 30min Dauer (mP-30) oder schriftliche Prüfung von 60min Dauer (sP-60)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul für die Vertiefungsrichtung ME-VSK im Studiengang Mathematical Engineering (M. Sc.)</li> <li>• Wahlpflichtmodul für die Vertiefungsrichtungen ME-EET, ME-Mechatronic und ME-PTM im Studiengang Mathematical Engineering (M. Sc.)</li> <li>• Wahlpflichtmodul für den Masterstudiengang EIT in den Vertiefungsrichtungen EIT-KT und EIT-ES</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester, beginnt jedes Studienjahr, Startzeitpunkt ist das HT im 1. Studienjahr (10tes Trimester)

Modulname	Modulnummer
Signal- und Informationsverarbeitung	1243

Konto	WPFL IT-Sicherheit und Kommunikationssystem - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	Pflicht	8

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
240	96	144	8

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12431	V/Ü	Signalverarbeitung	Pflicht	4
12432	V/Ü	Informationsverarbeitung	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>8</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie
- Kenntnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse
- Höhere Mathematik.

#### Qualifikationsziele

- Verständnis der mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften
- Sicherer Umgang mit Schlüsseltechniken der digitalen Signalverarbeitung im Zeit- und Frequenzbereich
- Beherrschung von Entwurfs- und Analyseverfahren digitaler Filter
- Verständnis für die Anwendungsbreite von Schätzverfahren über die Zeit- und Frequenzbereichsschätzung hinaus
- Verständnis für die Prinzipien der statistischen Signalklassifikation
- Sicherer Umgang mit wesentlichen Algorithmen der räumlichen Signalanalyse

#### Inhalt

Modulteil Signalverarbeitung:

- Charakterisierung von Signalen:
  - # Analoge und digitale Signale
  - # Deterministische Signale und Zufallssignale
- Darstellung zeitkontinuierlicher und zeitdiskreter Signale in Zeit- und Frequenzbereich:
  - # Fourier-Reihe
  - # Fourier-Transformation
  - # Laplace-Transformation
  - # Z-Transformation
  - # Zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT)
- Zeitdiskrete lineare zeitinvariante Systeme (LTI-Systeme)

- Abtastung
- Zufallssignale
  - # Zufallsvariablen
  - # Stochastische Prozesse
- Grundlagen digitaler Filter
- Adaptive Filter
  - # Minimum Mean Squared Error (MMSE) Filter, Wiener Filter
  - # Least Mean Squares (LMS) Algorithmus
  - # Recursive Least Squares (RLS) Algorithmus
- Diskrete Fourier-Transformation (DFT), Fast Fourier Transform (FFT)

#### Modulteil Informationsverarbeitung:

- Schnelle Faltung
- Spektralanalyse von deterministischen Signalen und Zufallssignalen
- Traditionelle und parametrische Spektralschätzung
- Parametrische und nicht parametrische Schätzung von weiteren Signalkenngrößen am Beispiel der Einfallswinkelschätzung mit Antennen-Arrays
- Higher-Order-Statistics (HOS) Schätzung von Modulationsart und Signal-Rausch-Abstand
- Beurteilung der Schätzgüte mithilfe der Cramer-Rao-Bound
- Grundlagen der Sprach- und Bildverarbeitung

#### Literatur

- K.-D. Kammeyer, K. Kroschel: Digitale Signalverarbeitung. B.G. Teubner.
- A. Oppenheim, R. Schaffer: Discrete-Time Signal Processing. Prentice Hall

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 90min Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30min Dauer (mP-30) am Ende des Frühjahrstrimesters. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Herbsttrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul für die Vertiefungsrichtung "Kommunikationstechnik" im Studiengang EIT (M.Sc.)
- Wahlpflichtmodul für die Vertiefungsrichtung "Energietechnische Systeme" im Studiengang EIT (M.Sc.)
- Pflichtmodul für die Vertiefungsrichtung ME-VSK im Studiengang Mathematical Engineering (M.Sc.)
- Wahlpflichtmodul für die Vertiefungsrichtungen ME-EET, ME-Mechatronik und ME-PTM im Studiengang Mathematical Engineering (M.Sc.)
- Wahlpflichtmodul für das Anwendungsfach Elektrotechnik im Masterstudiengang INF (M.Sc.)
- Dieses Modul kann nicht gleichzeitig mit dem Modul 1249 eingebracht werden

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.  
Das Modul findet jedes Studienjahr im Wintertrimester und Frühjahrstrimester statt.  
Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im ersten Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Kommunikationstechnik II	1244

Konto	WPFL IT-Sicherheit und Kommunikationssystem - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Berthold Lankl	Pflicht	9

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12441	V/Ü	Kommunikationstechnik II	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik A,B,C</li> <li>• Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie wie sie in der Vorlesung „Signale und Kommunikationssysteme“ (z.B. BA Modul „Kommunikationstechnik“) vermittelt werden</li> <li>• Kenntnisse von Methoden der Signalverarbeitung wie sie in der Vorlesung „Signalverarbeitung“ (Modul „Signalverarbeitung, digitale Regelung und Sensornetze“) vermittelt werden</li> <li>• Grundlegende Kenntnisse von Übertragungsverfahren wie sie in der Vorlesung „Kommunikationstechnik I“ (BA Modul „Kommunikationstechnik“) vermittelt werden</li> <li>• MATLAB Grundkenntnisse sind von Vorteil, aber nicht Voraussetzung.</li> </ul>
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Student/die Studentin soll ein grundlegendes Verständnis moderner Übertragungsverfahren erwerben und dabei die Anwendung von Methoden aus der Signaltheorie sowie aus der Theorie der Kommunikationssysteme erlernen.</li> <li>• Ein grundlegender Überblick moderner digitaler Übertragungsverfahren ist ein Hauptziel dieses Moduls.</li> <li>• Fähigkeit zur Abschätzung von Systemeigenschaften und zur Konzeption von Nachrichtenübertragungssystemen</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitalsignalübertragung im Basisband <ul style="list-style-type: none"> <li>o Nyquistsysteme und impulsinterferenzfreie Entzerrung</li> <li>o Impulsinterferenzfreiheit und Matched Filter</li> <li>o Nyquistsysteme und AWGN-Störungen, Symbol- und Bitfehlerwahrscheinlichkeiten</li> </ul> </li> <li>• Trägermodulierte Digitalsignalübertragung <ul style="list-style-type: none"> <li>o Bandpasssignale und -systeme im äquivalenten Tiefpassbereich</li> <li>o Analytisches Signal und Hilberttransformation,</li> </ul> </li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>o Lineare digitale Modulationsverfahren (QAM, PSK, OFDM, SC-FDE),</li> <li>o Signalkonstellationen und Augenmuster, Symbolfehlerwahrscheinlichkeiten</li> <li>o Guardintervall und zyklisches Präfix bei OFDM, Entzerrung bei OFDM</li> <li>o Bandbreitverfahren (Direct-Sequence, CDMA)</li> <li>• Informationstheoretische Grenzen und Codierung</li> <li>o Kanalkapazität nach Shannon, Bandbreiteneffizienz</li> <li>o Einführung in die Kanalcodierung (Fehlererkennung und Fehlerkorrektur, FEC-Klassifikation in Blockcodes und Faltungscodes, binäre Blockcodes, Fehlerkorrektur und Restfehlerwahrscheinlichkeit, lineare zyklische binäre Blockcodes, Galoisfeld GF2, Codierung durch Polynomdivision, Syndrom und Fehlererkennung bzw. -korrektur)</li> <li>• Vielfachzugriffsprotokolle in Kommunikationsnetzen</li> <li>o ALOHA, Durchsatz, slotted ALOHA, CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<p>Kammeyer, „Nachrichtenübertragung“, Vieweg-Teubner Verlag  Proakis, „Digital Communications“, McGraw-Hill Verlag  Benvenuto, Cherubini, „Algorithms for Communication Systems and Their Applications“, J. Wiley Verlag  Proakis, Salehi, Bauch, "Contemporary Communication Systems using MATLAB", CENGAGE Learning</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul in der EIT Vertiefungsrichtung „Kommunikationstechnik“</li> <li>• Pflichtmodul in der ME Vertiefungsrichtung „Moderne Verfahren sicherer Kommunikationssysteme (VSK)“</li> <li>• Wahlpflicht für die Vertiefungsrichtungen „Energietechnische Systeme“ und „Sicherheitstechnik“</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester (FT), jedes Studienjahr, als Startzeitpunkt ist das FT im 1. Studienjahr vorgesehen

Modulname	Modulnummer
<b>Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik, Mobilkommunikation</b>	1245

Konto	WPFL IT-Sicherheit und Kommunikationssystem - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	Pflicht	8

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12451	V/Ü	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Pflicht	3
12452	V/Ü	Mobilkommunikation	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse in Hochfrequenztechnik und Theoretischer Elektrotechnik, wie sie z.B. in den Modulen "Hochfrequenztechnik I und II" sowie "Theoretische Elektrotechnik I und II" aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.

#### Qualifikationsziele

- Grundkenntnisse zum Aufbau von Mobilfunksystemen
- Grundkenntnisse zum Aufbau von Systemen der Funkortung und der Radartechnik
- Detailkenntnisse zum Aufbau von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen
- Detailkenntnisse über die physikalische Übertragungsebene, Funkübertragung mit Mehrwege-Ausbreitung und Übertragungsleitungen, Mehrantennensysteme
- Detaillierte Kenntnisse zu digitalen Rundfunkdiensten
- Detaillierte Kenntnisse zu den derzeitigen und im Aufbau befindlichen zellularen Mobilfunkstandards
- Grundkenntnisse zu Wireless Short Range Communication
- Grundkenntnisse zur mobilen Satellitenkommunikation

#### Inhalt

- a) Lehrveranstaltung 1: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik:
- Einführung in moderne Übertragungssysteme
  - Mobile und fest installierte Funknetze für die Anwendungen Mobilkommunikation, Funkortung und Radar
  - Kabelgebundene Übertragungssysteme
  - Frontend-Architekturen
  - Sender und Empfänger-Architekturen



- Merkmale der Funkübertragung vom Satelliten, zu Land, zu Schiff und unter Wasser
- Antennen für Funkverkehr, Funkortung und Radar
- Mehrwege-Wellenausbreitung im Reflexionsszenario
- Diversity-Verfahren zur Empfangsverbesserung bei Mehrwege-Wellenausbreitung
- Adaptive Antennengruppen und Frontendarchitekturen für Richtfunksysteme mit adaptiver Strahlformung, Intelligente Antennensysteme
- Antennen und Frontendaufbau von Single Input Multiple Output (SIMO) und Multiple Input Multiple Output (MIMO)-Übertragungstrecken

## b) Lehrveranstaltung 2: Mobilkommunikation:

- Frequenzbereiche von Rundfunkdiensten und Mobilfunkdiensten
- Komponenten von Funkübertragungssystemen
- Beschreibung des Mobilfunkkanals, insbesondere der Mehrwegeausbreitung
- Zugriffs- und Modulationsverfahren
- Digitale terrestrische Rundfunksysteme - Hörrundfunk DAB, DAB+ und DRM (Basisbandcodierung, Multiträgerprinzip-COFDM) - Digitaler TV-Rundfunk DVB-T, DVB-H, DVB-T2 (Digitalisierung von Videosignalen, Basisbandcodierung bei JPEG und MPEG mit DCT, Übertragungsmodi)
- Zellularer Mobilfunk: GSM (Systemarchitektur, Aufbau und Rahmenstruktur des GSM-Signals, Synchronisation und Verbindungsaufbau, Handover, Zeitmultiplexstruktur), HSCSD, EDGE, GPRS, DECT, TETRA, UMTS (Codemultiplex, Scrambling, Channelisation), HSDPA, UMTS-LTE, LTE-Advanced
- Wireless Short Range Communication: WLAN-Standards, HiperLAN/2, Bluetooth, ZigBee
- Satellitenkommunikation: Sat.-Rundfunksysteme für Audio- und Videoübertragung, Bidirektionale Satellitenkommunikation mit Schmalbandsystemen

## Literatur

## a) Lehrveranstaltung 1: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik:

- Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Springer Verlag, Berlin, 1986,

## b) Lehrveranstaltung 2: Mobilkommunikation

- U. Reimers: "DVB - Digitale Fernsehtechnik", Springer, 2008
- J. Schiller: "Mobilkommunikation", Pearson Studium, 2003.

## Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer oder mündliche Prüfung von 30 min Dauer am Ende des Trimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Trimesters angegeben.

## Verwendbarkeit

- Pflichtmodul für die Vertiefungsrichtung "Kommunikationstechnik" im Studiengang EIT (M.Sc.)
- Wahlpflichtmodul für die Vertiefungsrichtungen "Energietechnische Systeme" und "Sicherheitstechnik" im Studiengang EIT (M.Sc.)
- Pflichtmodul für die Vertiefungsrichtung ME-VSK im Studiengang Mathematical Engineering (M.Sc.)

- Wahlpflichtmodul für die Vertiefungsrichtungen ME-EET, ME-Mechatronik und ME-PTM im Studiengang Mathematical Engineering (M.Sc.)

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 2 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit</b>	1289

Konto	WPFL IT-Sicherheit und Kommunikationssystem - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Berthold Lankl	Wahlpflicht	10

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12532	V/Ü	Übertragungssicherheit	Pflicht	3
13811	V/Ü	Nachrichten- und Informationstheorie	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Mathematik A,B,C
- Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie wie sie in den Vorlesungen „Signale und Kommunikationssysteme“ und „Kommunikationstechnik I“ (BA-Modul „Kommunikationstechnik“) vermittelt werden sind wünschenswert.
- Hochfrequenztechnik 1 und 2, Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik
- Empfohlen: EMV in der Kommunikationstechnik

#### Qualifikationsziele

Lehrveranstaltung a): Nachrichten- und Informationstheorie

- Der Student / die Studentin soll die Fähigkeit erwerben mathematische Verfahren und Konzepte auf nachrichtentechnische Anwendungen zu übertragen. Dazu ist ein etwas höherer Grad an Abstraktion nötig als in den nachrichtentechnischen Pflichtfächern.
- Der Student / die Studentin kann optimale Empfangskonzepte entwerfen kennt deren bestimmende Parameter und kann deren Leistungsfähigkeit abschätzen.
- Der Student / die Studentin kann suboptimale Verfahren bewerten und den Verlust gegenüber optimalen Verfahren bestimmen
- Verständnis für abstraktere nachrichtentheoretische Konzepte und die Fähigkeit bekannte Übertragungsverfahren (z.B. aus der Vorlesung „Kommunikationstechnik I und II“) hierin einzuordnen.

Lehrveranstaltung b): Übertragungssicherheit

- Der Student/ die Studentin kennt Verfahren und Methoden auf System- und Komponentenebene um die Übertragungssicherheit von Kommunikationssystemen zu bewerten und erlernt Fähigkeiten um Systeme mit erhöhter Übertragungssicherheit zu entwerfen.
- Die Studierenden gewinnen einen Einblick in die Problemstellungen der Sicherheit moderner Informations-Übertragungssysteme mit dem besonderen Hinblick auf drahtlose Systeme, welche in den letzten Jahren eine stetig zunehmende Bedeutung erlangt haben. Hierbei werden zuerst Einschränkungen der Informationsübertragungen durch

Störungen sowie der Abhörsicherheit durch elektromagnetische Kopplungseffekte und Übersprechen betrachtet, woraufhin die technischen Lösungen zur Reduzierung dieser Einschränkungen dargestellt werden. Den Studierenden wird die Fähigkeit vermittelt, die Übertragungssicherheit gegebener Systeme einschätzen zu können und als Ingenieure die Strategien zur Verbesserung der Übertragungssicherheit zu beherrschen.

### Inhalt

Lehrveranstaltung a): Nachrichten- und Informationstheorie:

- Kurze Wiederholung von Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie (bedingte WDF, Verbund-WDF, Bayes)
- Signalraumdarstellung (Basisfunktionsentwicklung, irrelevante Signalanteile)

o Vektordemodulator und Korrelationsdemodulator

- Detektionsverfahren (Maximum-a-Posteriori und Maximum-Likelihood Detektion)

o Minimale Euklidische Distanz

o Signalkonstellationen und effizienter Signalkonstellationsentwurf

- Union Bound als Abschätzung für die Detektionsfehlerwahrscheinlichkeit
- Optimaler Empfänger bei Intersymbolinterferenz

o Symbol- und Sequenzschätzverfahren (Viterbialgorithmus)

o Einfluß von farbigem Rauschen

- Zuverlässigkeitsinformation (Likelihood-Verhältnis)
- Kanalkapazität für den symmetrischen Binärkanal (BSC), den symmetrischen binären Auslöschungskanal (BSEC) und Multilevel-Signale bei AWGN

Lehrveranstaltung b): Übertragungssicherheit

Verbesserung der Übertragungssicherheit auf physikalischer Ebene (Lindenmeier)

- Beeinträchtigungen der phys. Übertragungsstrecke (Störungen, Rauschen, Fading, Jamming)
- Elektromagnetische Koppelmechanismen, Übersprechen und Entkoppelmassnahmen
- Schirmung und Filterung
- Rauschquellen und Abhilfemassnahmen
- Antennendiversity und intelligente Antennen

Systemaspekte zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (Lankl)

- Sichere Übertragungskanäle und störresistente Übertragungsverfahren (Spread Spectrum)
- Zugriffsverfahren (Raum, Zeit, Frequenz)
- Adaptive Entzerrung und Störungskompensation
- Eigenheiten von Modulationsverfahren

Mehrfachempfang nach dem Multiple Input- Multiple Output (MIMO)-

Verfahren Übertragungssicherheit:

Verbesserung der Übertragungssicherheit auf physikalischer Ebene (Lindenmeier)

- Beeinträchtigungen der phys. Übertragungsstrecke (Störungen, Rauschen, Fading, Jamming)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Koppelmechanismen, Übersprechen und Entkoppelmaßnahmen</li> <li>• Schirmung und Filterung</li> <li>• Rauschquellen und Abhilfemaßnahmen</li> <li>• Antennendiversity und intelligente Antennen</li> </ul> <p>Systemaspekte zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (Lankl)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sichere Übertragungskanäle und störresistente Übertragungsverfahren (Spread Spectrum)</li> <li>• Zugriffsverfahren (Raum, Zeit, Frequenz)</li> <li>• Adaptive Entzerrung und Störungskompensation</li> <li>• Eigenheiten von Modulationsverfahren</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrfachempfang nach dem Multiple Input- Multiple Output (MIMO)-Verfahren</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<p>Lehrveranstaltung a): Nachrichten- und Informationstheorie          Wozencraft, Jacobs: „Principles of Communication Engineering“, John Wiley 1965          Gallager: "Principles of Digital Communication", Cambridge University Press, 2008          Lehrveranstaltung b): Übertragungssicherheit          Simon, Omura, Scholtz: "Spread Spectrum Communications Handbook", McGraw-Hill, 2001</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 min (2x45min) Dauer (sP-90)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlpflichtmodul für den Masterstudiengang EIT in der Vertiefungsrichtung "Kommunikationstechnik",</li> <li>• Pflichtmodul für ME (M. Sc.) Studienrichtung „Moderne Verfahren sicherer Kommunikationssysteme (VSK)“</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>Das Modul dauert ein Trimester.          Das Modul beginnt jedes Studienjahr im Herbsttrimester.          Als Beginn ist das Herbsttrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.</p>

Modulname	Modulnummer
IT-Sicherheit	1634

Konto	WPFL IT-Sicherheit und Kommunikationssystem - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Gabrijela Dreo Rodosek	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10101	VÜ	Ausgewählte Kapitel der IT-Sicherheit	Pflicht	3
10103	P	Praktikum Netzsicherheit	Pflicht	3
11432	VÜ	Sicherheit in der Informationstechnik	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>9</b>

## Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse zu Rechnernetzen, wie sie z.B. in der Bachelor-Lehrveranstaltung Einführung in Rechnernetze vermittelt werden.

## Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben in der Lehrveranstaltung Sicherheit in der Informationstechnik ein vertieftes Verständnis von der Problematik einer ganzheitlichen Betrachtung der IT-Sicherheit. Durch die vertiefte Kenntnis von Bedrohungen, denen vernetzte Systeme ausgesetzt sind, sind die Hörer in der Lage diese zu erkennen und zu bewerten. Weiterhin erlangen die Studierenden die Fähigkeit, die unterschiedlichen Verfahren, Mechanismen und Techniken für IT-Sicherheit einzusetzen und zu bewerten. Durch die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der IT-Sicherheit erhalten die Studierenden einen vertiefenden Einblick in verschiedene Aspekte der IT-Sicherheit mit hoher praktischer Relevanz. Durch die Kombination der ausgewählten Bereiche sind sie in der Lage, die Bedeutung und Zusammenhänge verschiedener technischer und organisatorischer Einflussfaktoren auf die IT-Sicherheit zu verstehen. Mit den erworbenen Kenntnissen können die Studierenden systematische Bewertungen des Schutzbedarfs und der IT-Sicherheit moderner Systeme und IT-Infrastrukturen vornehmen, in die auch in der Praxis noch häufig unterschätzte nicht-technische Faktoren einfließen. Nach dem Praktikum Netzsicherheit sind die Studierenden in der Lage, Maßnahmen zur Abwehr von gängigen Bedrohungen und zur Absicherung von IT-Systemen zu implementieren und deren Wirksamkeit zu verifizieren. Durch die eigenständige Bearbeitung von angeleiteten, praktischen Aufgaben vertiefen und festigen die Studierenden ihre Kenntnisse im Bereich Cyber Defence.

## Inhalt

Immer häufiger auftretende Angriffe auf vernetzte IT-Systeme mit zum Teil extrem hohem wirtschaftlichen Schaden für die betroffenen Firmen verdeutlichen den Bedarf

<p>nach wirksamen Sicherheitsmaßnahmen. Die Lehrveranstaltung Sicherheit in der Informationstechnik vermittelt anhand ausgewählter Fragestellungen das vertiefte Verständnis einer ganzheitlichen Betrachtung von IT-Sicherheit. Auf der Basis von Risiko- und Bedrohungsanalysen sowie der Kenntnis von IT-Sicherheitsanforderungen, Sicherheits-Policies, -mechanismen und deren Umsetzung in verteilten Systemen sollen unterschiedliche Aspekte der IT-Sicherheit verdeutlicht werden. Themen sind u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bedrohungen und Gefährdungen</li> <li>- Kryptographische Grundlagen</li> <li>- Sicherheitsmodelle und Sicherheitsmechanismen sowie deren Umsetzung in verteilten Systemen - Netzsicherheit</li> <li>- IT-Sicherheit im Umfeld des Pervasive Computings, insbesondere Sicherheit mobiler Endgeräte (PDAs, Handys, Smartphones)</li> </ul> <p>Die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der IT-Sicherheit behandelt eine Reihe komplementärer Fragestellungen, die das Zusammenspiel technischer Angriffe und korrespondierender Abwehrmechanismen mit dem „Factor Mensch“ in der IT-Sicherheit aufzeigen. Zunächst werden verschiedene Paradigmen der IT-Sicherheit und häufig anzutreffende Designprobleme bei heutigen Kommunikationsprotokollen und komplexen IT-Infrastrukturen betrachtet. Im weiteren Verlauf werden aktuelle technische und Social-Engineering-basierte Angriffsverfahren, die in der Praxis häufig kombiniert anzutreffen sind, und Konsequenzen für die Gewährleistung der IT-Sicherheit und die systematische Auswahl und Kombination von Sicherheitsmaßnahmen vorgestellt. Das inhärente Konfliktpotential zwischen umfassendem technischem Security-Monitoring und Datenschutz wird im Kontext von Privacy Enhancing Technologies analysiert und anhand ausgewählter Verfahren zur Datenanonymisierung und Internet-Anonymisierungsdiensten auf Basis von Mix-Netzen und Onion-Routing veranschaulicht. Anhand exemplarischer Dienste wie dem Hosting virtueller Server und kollaborativer Dateiablagen werden die Methoden abschließend auf den Themenkomplex Cloud Computing Security angewandt und ein Ausblick auf aktuelle Weiterentwicklungen in Forschung und Entwicklung gegeben.</p> <p>Schwerpunkt im Praktikum Netzsicherheit ist die selbstständige Durchführung von praktischen Aufgaben zu aktuellen Themen und Fragestellungen der Absicherung von IT-Systemen. Zu Beginn werden einfache Angriffe auf den Ebenen 2 bis 4 sowie 7 des ISO/OSI-Referenzmodells vorgestellt, bspw. durch die Manipulation von ARP oder Subnetting oder Angriffe gegen Webseiten auf Applikationsebene (z.B. XSS) betrachtet. Entsprechende Gegenmaßnahmen werden untersucht und integriert (z.B. Einrichtung und Betrieb einer Firewall, Absicherung von Webservern, Aufbau und Betrieb von Tunneln). Darauf aufbauend werden weitere, aktuelle Angriffsverfahren behandelt, bspw. Bot-Netz-Attacken oder spezialisierte Angriffe wie z.B. zielgerichtete Angriffe. Hierzu werden ebenfalls geeignete Gegenmaßnahmen entwickelt und praktisch implementiert (z.B. Intrusion Detection/Prevention Systeme, low/high interaction Honeypots/Honeynets).</p>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p> <p>Leistungsnachweis für das Gesamtmodul ist ein Notenschein, der sich aus verschiedenen Einzelleistungen in den Teilveranstaltungen zusammensetzt. Die geforderten Einzelleistungen werden in den einzelnen Veranstaltungen separat bekannt gegeben.</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p> <p>Die Vorlesung Sicherheit in der Informationstechnik wird jeweils im WT angeboten. Die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der IT-Sicherheit wird jeweils im HT angeboten.</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Wahlpflichtmodul - IT-Sicherheit &amp; Kommunikationssysteme</b>	1635

Konto	WPFL IT-Sicherheit und Kommunikationssystem - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Berthold Lankl	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
450	168	282	15

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10104	VÜ	IT-Forensik	Wahlpflicht	3
10105	VÜ	System- und Software-Sicherheit	Wahlpflicht	3
10106	VÜ	Sicherheitsmanagement	Wahlpflicht	3
10107	VÜ	Sichere vernetzte Anwendungen	Wahlpflicht	3
10471	VÜ	IT-Governance	Wahlpflicht	5
10472	P	IT-Management	Wahlpflicht	3
12111	VÜ	Algorithmische Zahlentheorie	Wahlpflicht	5
12112	VÜ	Ausgewählte mathematische Methoden in Kryptographie und Codierungstheorie	Wahlpflicht	3
15171	VÜ	Entwurf Verteilter Systeme	Wahlpflicht	5
15172	VÜ	Methoden und Werkzeuge	Wahlpflicht	5
15174	VÜ	Spezifikation	Wahlpflicht	5
16351	VÜ	Embedded Systems	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>14</b>

## Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen sich zu Experten in einem oder mehreren selbst gewählten Gebieten der IT-Sicherheit und der Kommunikationssysteme weiterbilden.

Eine detaillierte Beschreibung der Qualifikationsziele der einzelnen Wahlpflichtveranstaltungen, die im Rahmen dieses Moduls belegt werden können, ist den Beschreibungen der Module zu entnehmen, aus denen diese Wahlpflichtveranstaltungen stammen, nämlich den Beschreibungen der Module 1010 "Cyber Defense", 1047 "IT-Management", 1211 "Algorithmen in der Mathematik" und 1517 "Formale Entwicklung korrekter Software (erweitert)" im Modulhandbuch zum Master-Studiengang Informatik sowie der Beschreibung des Moduls 1248 "Embedded Systems und Sensornetze" im Modulhandbuch zum Master-Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik.



Inhalt
<p>Die Wahlpflichtveranstaltungen, die im Rahmen dieses Moduls belegt werden können, decken inhaltlich ein weites Feld im Bereich der Kommunikationssysteme und der IT-Sicherheit ab, mit einem Schwerpunkt auf der IT-Sicherheit. Die Studierenden können zwischen hardwarenahen Themen wie Embedded Systems, Themen aus dem Bereich Cyber Defense, Themen im Umfeld von IT- und Sicherheitsmanagement, Themen im Bereich von Kryptographie und Codierungstheorie und Themen aus dem Bereich der formalen Entwicklung korrekter Software wählen.</p> <p>Eine detaillierte Beschreibung der Inhalte der einzelnen Wahlpflichtveranstaltungen, die im Rahmen dieses Moduls belegt werden können, ist den Beschreibungen der Module zu entnehmen, aus denen diese Wahlpflichtveranstaltungen stammen, nämlich den Beschreibungen der Module 1010 "Cyber Defense", 1047 "IT-Management", 1211 "Algorithmen in der Mathematik" und 1517 "Formale Entwicklung korrekter Software (erweitert)" im Modulhandbuch zum Master-Studiengang Informatik sowie der Beschreibung des Moduls 1248 "Embedded Systems und Sensornetze" im Modulhandbuch zum Master-Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik.</p>
Leistungsnachweis
<p>Leistungsnachweis für das Gesamtmodul ist ein Notenschein, der sich aus verschiedenen Einzelleistungen in den Teilveranstaltungen zusammensetzt. Die geforderten Einzelleistungen werden in den einzelnen Veranstaltungen separat bekannt gegeben.</p>
Dauer und Häufigkeit
<p>Das Modul kann sich je nach Wahl der Wahlpflichtveranstaltungen über mehrere Trimester erstrecken. Die Lehrveranstaltungen "System- und Software-Sicherheit", "Entwurf verteilter Systeme", "Methoden und Werkzeuge", "Spezifikation" und "Ausgewählte mathematische Methoden in Kryptographie und Codierungstheorie" werden üblicherweise im Zweijahresrhythmus angeboten.</p>
Sonstige Bemerkungen
<p>Von den angegebenen Wahlpflichtveranstaltungen sind Veranstaltungen im Umfang von 13 bis 15 TWS zu belegen, also entweder</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fünf Wahlpflichtveranstaltungen im Umfang von 3 TWS oder</li> <li>• drei Wahlpflichtveranstaltungen im Umfang von 3 TWS und eine Wahlpflichtveranstaltung im Umfang von 5 TWS oder</li> <li>• eine Wahlpflichtveranstaltung im Umfang von 3 TWS und zwei Wahlpflichtveranstaltungen im Umfang von 5 TWS oder</li> <li>• drei Wahlpflichtveranstaltungen im Umfang von 5 TWS.</li> </ul> <p>Das Praktikum IT-Management kann nur belegt werden, wenn auch die Lehrveranstaltung IT-Governance belegt wird.</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Elektrische Maschinen</b>	1227

Konto	WPF Mechatronik- ME 2018
-------	--------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12271	P	Praktikum Elektrische Maschinen	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung und Anwendung der erworbenen theoretischen Kenntnisse aus den Lehrveranstaltungen,</li> <li>• Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an elektrischen Maschinen,</li> <li>• Einblick in die Ingenieurpraxis.</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messtechnische Untersuchungen an den Grundtypen von elektrischen Maschinen,</li> <li>• Bestimmung von Maschinenparametern,</li> <li>• Feldmessungen; Leerlauf-, Kurzschluss- und Belastungsmessungen,</li> <li>• Aufnahmen typischer Betriebskennlinien,</li> <li>• Unsymmetrische Schaltungen,</li> <li>• Sondermaschinen.</li> </ul>
Literatur
D. Gerling: Vorlesungsskript „Elektrische Maschinen und Antriebe“, UniBw München, EAA, 2010 G. Müller, B. Ponick: „Grundlagen elektrischer Maschinen“, 9.Auflage, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2006
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 45-120 min Dauer (sP-45-120) oder mündliche Prüfung von 15-40 min Dauer (mP-15-40), kombinierbar mit Notenschein (NoS) oder Teilnahmechein (TS) oder Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul in den Vertiefungsrichtungen „Energietechnische Systeme" und „Sicherheitstechnik".
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester. Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Systeme der Leistungselektronik</b>	1237

Konto	WPF Mechatronik- ME 2018
-------	--------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Rainer Marquardt	Pflicht	10

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12371	V/Ü	Systeme der Leistungselektronik I	Pflicht	3
12372	V/Ü	Systeme der Leistungselektronik II	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse des Moduls "Grundlagen der Elektrotechnik",
- Kenntnisse der Module "Mathematik A", "Mathematik B" und "Mathematik C",
- Kenntnisse des Moduls "Leistungselektronik".

#### Qualifikationsziele

- Kenntnisse über Anwendungsbereiche und typ. Eigenschaften leistungselektronischer Systeme,
- Selbständiges Erfassen der typischen Grundstrukturen,
- Selbständiges Erkennen technischer Probleme in Planung und Realisierung,
- Fähigkeiten zur Analyse und grundlegenden Dimensionierung leistungselektronischer Systeme.

#### Inhalt

- Anwendungsgebiete und Entwicklungstrends: Grundstrukturen Leistungselektronischer Systeme,
- Ansteuertechnik für Leistungshalbleiter: Anforderungen, Signalübertragungsarten, Energieversorgung, Störbeeinflussung und Zuverlässigkeit, Schaltungstechnik und Realisierung,
- Leistungsteile: Anforderungen, Elektrische Schnittstellen, Komponenten und Modularisierung, Sicherheit und Störfallbehandlung, EMV und Störaussendung, Passive Komponenten,
- Messwertverarbeitung: Anforderungen, Elektrische und nichtelektrische Messgrößen, Arten der Messwernerfassung, Arten der Messwertübertragung, Schnittstellen/Normung, Verfahren zur Störungsminderung,
- Leistungselektronische Systeme für Stromversorgungen,
- Leistungselektronische Systeme für Antriebszwecke,
- Leistungselektronische Systeme für die Energieübertragung und -verteilung.

<b>Literatur</b>
- Mohan: "Power Electronics", Wiley Verlag, - A.Steimel: "Elektrische Triebfahrzeuge und Ihre Energieversorgung", Oldenburg Industrieverlag, - K.Heumann: "Grundlagen der Leistungselektronik", Teubner Verlag.
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90min Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30min Dauer (mP-30) am Ende des Moduls. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul in der Vertiefungsrichtung "Energietechnische Systeme" des Studiengangs Elektrotechnik und Informationstechnik (M.Sc.)</li><li>• Pflichtmodul in der Vertiefungsrichtung ME-Mechatronik des Studiengangs Mathematical Engineering (M.Sc.)</li><li>• Wahlpflichtmodul der Vertiefungsrichtungen "Kommunikationstechnik" und "Sicherheitstechnik" des Studiengangs Elektrotechnik und Informationstechnik (M.Sc.)</li><li>• Wahlpflichtmodul der Vertiefungsrichtungen ME-EET, ME-VSK und ME-PTM des Studiengangs Mathematical Engineering (M.Sc.)</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Modulname	Modulnummer
Messtechnik und Sensorik	1240

Konto	WPF Mechatronik- ME 2018
-------	--------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Pflicht	8

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12401	V/Ü	Sensorik und Elektrische Messtechnik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt wird die erfolgreiche Bewältigung der Module „Mathematik A“, „Mathematik B“, „Mathematik C“, „Regelungstechnik“ sowie „Grundlagen der Messtechnik“ und „Physik“.

#### Qualifikationsziele

- Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis für die Anforderungen, den Aufbau und die Funktionsweise von Sensoren für nichtelektrische Größen in verschiedenen Anwendungs-bereichen (Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik, intelligente und energieeffiziente Gebäudetechnik, etc.).
- Die Studierenden verstehen die Details des systemischen Zusammenwirkens von Sensorik und Elektrischer Messtechnik und können Messverfahren und Messsysteme analysieren.
- Die Studierenden sind in der Lage, applikationsabhängige Messprobleme durch Auswahl geeigneter Sensoren zu lösen und anforderungsgerechte Messsysteme auszuwählen bzw. entsprechend zu dimensionieren.
- Die Studierenden können sowohl die zu erwartenden als auch die tatsächlich auftretenden Messunsicherheiten berechnen und die Grenzen des sinnvollen praktischen Einsatzes von Sensoren und Messverfahren abschätzen.

#### Inhalt

Die Lehrveranstaltung „Sensorik und Elektrische Messtechnik“ beschäftigt sich mit den physikalischen Effekten und dem Aufbau von in der messtechnischen Praxis unerlässlichen Sensoren. Beispielsweise müssen in der Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik und der intelligenten Gebäudetechnik zahlreiche nichtelektrische Größen wie Temperatur, Weg, Winkel, Beschleunigung, Kraft, Druck, Durchfluss, Drehzahl, Geschwindigkeit, Gaszusammensetzung und Konzentration, pH-Wert, etc. erfasst werden. Sensoren liefern elektrische Signale, aus denen dann Messwerte und Messergebnisse mithilfe von geeigneten Messmethoden und Messverfahren der Elektrischen Messtechnik bestimmt

<p>werden können. Bei der Auswahl des Sensors und der Festlegung der Konzeption des gesamten Mess-Systems für eine bestimmte Applikation spielen die erzielbare Sensitivität und Selektivität sowie die statischen und dynamischen Eigenschaften eine entscheidende Rolle. Diese Aspekte werden in der Vorlesung und in den Übungen ausführlich behandelt. Darüber hinaus werden auch Maßnahmen und Ansätze besprochen, die nachteilige Einflüsse wie beispielsweise Temperatur(quer)empfindlichkeiten, Fertigungsstreuungen und Alterungseffekte reduzieren (oder sogar gänzlich eliminieren) sowie eine geringe Messunsicherheit garantieren helfen. Ein kurzer Streifzug durch die sich rasant entwickelnde Welt der „Mikrosensorik“ rundet die Lehrveranstaltung ab. Der Besuch dieser Lehrveranstaltung bildet die ideale Vorbereitung für das Wahlpflichtpraktikum „Sensorik und Messtechnik“.</p>
<p><b>Literatur</b></p>
<p>J. Niebuhr, G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren. Oldenbourg Verlag, München, 2002.  P. Profos, T. Pfeifer: Handbuch der industriellen Messtechnik. Oldenbourg Verlag, München, 2002.  E. Schrüfer: Elektrische Messtechnik. Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen. Hanser, München, 2003.  U. Kiencke, R. Eger: Messtechnik, Systemtheorie für Elektrotechniker, 6. Aufl., Springer, Berlin, 2005.  M. Möser: Messtechnik der Akustik, Springer, Berlin, 2010.</p>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p>
<p>Für die Vorlesung und Übung „Sensorik und Elektrische Messtechnik“: schriftliche Prüfung von 90 min Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 min Dauer (mP-30) am Ende des Wintertrimesters. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Frühjahrstrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul in der EIT-Vertiefungsrichtung „Energietechnische Systeme“.</li> <li>• Wahlpflichtmodul für alle anderen Studien- und Vertiefungsrichtungen.</li> </ul>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p>
<p>Das Modul dauert ein Trimester.  Das Modul wird im Wintertrimester und Frühjahrstrimester angeboten.  Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Automatisierungstechnik</b>	1241

Konto	WPF Mechatronik- ME 2018
-------	--------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12411	V/Ü	Automatisierungstechnik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt wird die erfolgreiche Bewältigung der Module „Mathematik A“, „Mathematik B“, „Mathematik C“ und „Regelungstechnik“. Bei ME-Studierenden werden die mathematischen Grundmodule sowie das Modul „Systemtheorie“ vorausgesetzt.

#### Qualifikationsziele

a) Thema „Modellbasierte Fehlerdiagnose“:

- Die Studierenden können einfache Diagnosesysteme auf Basis von Beobachtern entwerfen. Sie verstehen, wie redundante Sensoren zur gegenseitigen Überwachung eingesetzt werden können.

b) Thema „Digitale Regelkreise“:

- Die Studierenden verstehen, wie Regelungen mit Hilfe moderner Gerätetechnik in Form von digitalen Regelkreisen realisiert werden.

- Die Studierenden können das dynamische Verhalten zeitdiskreter Systeme auf verschiedene Arten modellieren: Als Eingangs- Ausgangsmodell und als Zustandsraummodell im Zeitbereich sowie als Eingangs- Ausgangsmodell im Frequenzbereich.

- Die Studierenden verstehen die dynamischen Eigenschaften zeitdiskreter Systeme in Analogie zu zeitkontinuierlichen Systemen.

- Die Studierenden können ein Regelgesetz, das anhand eines zeitkontinuierlichen Streckenmodells entworfen wurde, auf einem Microcontroller umsetzen und den Einfluss der Abtastung auf die Regelgüte abschätzen.



- Die Studierenden sind in der Lage, mit an die Anwendung angepassten Methoden einen digitalen Regelkreis zu entwerfen und sein Verhalten zu analysieren.

c) Thema „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“:

- Die Studierenden sind in der Lage, technische Abläufe als ereignisdiskrete Systeme zu interpretieren und geeignet zu modellieren.
- Die Studierenden verstehen, inwiefern Prozessautomatisierung auf höheren Ebenen die Aufgabe der Steuerung ereignisdiskreter Systeme beinhaltet.
- Die Studierenden können das dynamische Verhalten ereignisdiskreter Systeme mittels geeigneter Analysemethoden untersuchen; insbesondere sind sie in der Lage, die Lebendigkeit (d.h. Deadlock-Freiheit) und Sicherheit solcher Systeme nachzuweisen.
- Die Studierenden beherrschen verschiedene Methoden, um Steuerungen bzw. Regelungen für ereignisdiskrete Systeme (d.h. für Vorgänge, die es zu automatisieren gilt) zu entwerfen. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf Steuerungen, die die Einhaltung von Lebendigkeits- und Sicherheitsanforderungen gewährleisten.

#### Inhalt

a) Thema „Modellbasierte Fehlerdiagnose“:

- Diagnose von Fehlern in Regelstrecken mit Hilfe eines Modells der Strecke
- Sensorüberwachung auf Basis von Beobachtern

b) Thema „Digitale Regelkreise“:

- Gerätetechnische Implementierung von Regelungen in Form von digitalen Regelkreisen
- Abgetastete Regelstrecken als zeitdiskrete Systeme; Modellierung zeitdiskreter Systeme im Zeitbereich und im Frequenzbereich; Bestimmung ihres Eingangs-Ausgangs-Verhaltens
- Eigenschaften zeitdiskreter Systeme wie Stabilität, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit
- Umsetzung eines Reglers, der anhand eines zeitkontinuierlichen Modells der Regelstrecke entworfen wurde, in ein Programm, das auf einem Mikrocontroller abläuft; Analyse des entstehenden Regelkreises
- Methodenspektrum zum Entwurf digitaler Regelungen auf Basis eines zeitdiskreten Streckenmodells

c) Thema „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“:

- Ereignisdiskrete Systeme als Modelle von technischen Prozessen (in Rechanlagen, Fertigungsanlagen etc.) und Transportvorgängen

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Automatisierung von Fertigungsprozessen, Gebäuden, Fahrzeugen etc. wird als Aufgabe formuliert, durch Steuerungsmechanismen geeignete Ereignisfolgen herbeizuführen</li> <li>• Modellierung von Prozessen, die automatisiert werden sollen, mit Hilfe von deterministischen Automaten und Petrinetzen, die jeweils mit Eingang und Ausgang versehen sind</li> <li>• Werkzeuge für die Analyse des Verhaltens ereignisdiskreter Systeme (bzw. Steuerstrecken), vor allem im Hinblick auf Lebendigkeit (d.h. die Vermeidung von deadlocks) und Sicherheit</li> <li>• Entwurf von Steuerungen ereignisdiskreter Systeme auf Basis von Automaten- und Petrietz-Modellen; hierbei besondere Berücksichtigung von Sicherheitsanforderungen</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<p>J. Lunze: Automatisierungstechnik, Oldenbourg Verlag, 2008 (begleitend)</p> <p>M. Horn, N. Dourdourmas: Regelungstechnik, Pearson Studium Verlag, 2004 (begleitend)</p> <p>J. Lunze: Regelungstechnik 2, Springer Verlag, 2008 (begleitend)</p> <p>J. Moody, P. Antsaklis: Supervisory Control of Discrete Event Systems Using Petri Nets, Kluwer Academic Publishers, 1998 (weiterführend)</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 min Dauer (mP-30) am Ende des Wintertrimesters. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Frühjahrstrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul für EIT-Vertiefungsrichtung „Energietechnische Systeme“</li> <li>• Pflichtmodul für die Vertiefungsrichtung ME-Mechatronik des Studiengangs Mathematical Engineering (M.Sc.)</li> <li>• Wahlpflichtmodul für die EIT-Vertiefungsrichtungen „Kommunikationstechnik“ und „Sicherheitstechnik“</li> <li>• Wahlpflichtmodul für die Vertiefungsrichtungen ME-EET, ME-VSK und ME-PTM des Studiengangs Mathematical Engineering (M.Sc.)</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>Das Modul dauert ein Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.</p>

Modulname	Modulnummer
Antriebsregelung und Aktorik, EMV in der Energietechnik	1242

Konto	WPF Mechatronik- ME 2018
-------	--------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
240	96	144	8

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12421	V/Ü	Antriebsregelung und Aktorik I	Pflicht	2
12422	V/Ü	Antriebsregelung und Aktorik II	Pflicht	4
12423	V/Ü	EMV in der Energietechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>8</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.

#### Qualifikationsziele

- Erlernen der Grundbegriffe bei elektro-mechanisch gekoppelten Systemen,
- Kenntnisse der mathematischen Beschreibung von elektrischen Maschinen in unterschiedlichen Koordinatensystemen,
- Kenntnisse des dynamischen Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen (Schnellhochlauf, Laststoß, Stoßkurzschluss),
- Kenntnisse unterschiedlicher Regelungskonzepte bei elektrischen Antrieben (Kaskadenregelung, feldorientierte Regelung),
- Kenntnisse über leistungselektronische Stellglieder,
- Kenntnisse über Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) bei elektrischen und elektronischen Systemen.

#### Inhalt

- a) Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik I“:
- Grundlagen: Dynamisches Grundgesetz; Bewegungsgleichung; Stabilität; Massenträgheitsmomente; einfache Getriebe; Leistung und Energie bei Drehbewegungen; langsame Drehzahländerungen; Wärmemengen beim Anfahren und Bremsen,
  - Dynamisches Verhalten der Gleichstrommaschine: Gleichungssystem für den dynamischen Betrieb (Zeitkonstanten, Strukturbild); fremderregte Gleichstrommaschine (allgemeine Struktur, Führungsverhalten, Störverhalten, aperiodischer Grenzfall); Gleichstromnebenschlussmaschine (dynamischer Hochlauf); Kaskadenregelung

- einer Gleichstrommaschine (PI-Regler, Blockschaltbild und Übertragungsfunktion); Drehzahlregelkreis und Stromregelkreis; dynamischer Hochlauf und Reversieren,
- Raumzeigertheorie für Drehfeldmaschinen: Voraussetzungen; Umwandlung einer dreisträngigen in eine zweisträngige Maschine; Umwandlung eines zweisträngigen Systems auf ein beliebig rotierendes Koordinatensystem; Transformationsmatrizen; Flussverkettungen, Spannungsgleichungen und Drehmoment im beliebig rotierenden System,
  - Dynamisches Verhalten der Asynchronmaschine: Gleichungssystem; schneller Hochlauf und Laststoß; Vergleich von dynamischer und stationärer Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie; feldorientiertes Koordinatensystem für die Asynchronmaschine; Strukturbild der Asynchronmaschine in feldorientierten Koordinaten; feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine mit eingprägten Statorströmen; Flussmodell; Strukturbild der Regelung; dynamischer Hochlauf der Asynchronmaschine; Vergleich mit dem dynamischen Hochlauf am starren Netz; feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine mit eingprägten Statorspannungen; Entkopplungsnetzwerk; feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine ohne mechanischen Sensor.
- b) Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik II“:
- Dynamisches Verhalten der Synchronmaschine: Beschreibung des stationären Betriebs der Vollpol-Synchronmaschine mittels der Raumzeigertheorie; Stoßkurzschluss der Vollpolmaschine; Gleichungssystem; Grenzwertbetrachtungen für Ströme und Drehmoment; Zeitkonstanten; Zeitfunktionen bei Schalten im Spannungsmaximum und im Spannungsnulldurchgang; physikalische Erklärung des Stoßkurzschlusses. Beschreibung des stationären Betriebs der Schenkelpol-Synchronmaschine mittels der Raumzeigertheorie; Bestimmung von Längs- und Querfeldreaktanz; Stoßkurzschluss der Schenkelpolmaschine (analytische und numerische Lösung); transienter Betrieb der Schenkelpolmaschine,
  - Permanenterregter Synchronmotor mit Polradlagegeber: Wirkungsweise; dynamisches Gleichungssystem; stationäres Betriebsverhalten; Betriebsarten,
  - Leistungselektronische Stellglieder für Gleichstrommaschinen, Asynchronmaschinen und Synchronmaschinen.
- c) Lehrveranstaltung „EMV in der Energietechnik“:
- Niederfrequente, leitungsgeführte Störungen,
  - Entstehung von Störsignalen, Oberschwingungen und Zwischenharmonischen,
  - Messung und Bewertung von Netzurückwirkungen,
  - Entwurfskriterien von Netzfiltern,
  - Untersuchung spezieller Schaltungen.

#### Literatur

Literatur zu Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik I“:

D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“,  
UniBw München, EAA, 2010

G. Pfaff: „Regelung elektrischer Antriebe I und II“,  
Oldenbourg Verlag, München, 1994

Literatur zu Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik II“:

D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“,  
UniBw München, EAA, 2010

D. Schröder: „Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen“,  
3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2009

Literatur zu Lehrveranstaltung „EMV in der Energietechnik“:

W. Zeng: Vorlesungsskript „EMV in der Energietechnik“, UniBw München, EAA, 2011 A.J. Schwab, W. Kürner: „Elektromagnetische Verträglichkeit“, 6.Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 2011
<b>Leistungsnachweis</b>
Gesamtmodul: sP-130 oder mP-40 Anteil ARA (I+II): sP-90 oder mP-25 Anteil EMV: sP-40 oder mP-15 Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Für die Modulnote werden die Leistungen der Lehrveranstaltungen ARA (I+II) und EMV im Verhältnis 3:1 gewertet.
<b>Verwendbarkeit</b>
Pflichtmodul in der Vertiefungsrichtung „Energietechnische Systeme“.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 3 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen

Modulname	Modulnummer
<b>Technische Mechanik I und II für ME</b>	1364

Konto	WPF Mechatronik- ME 2018
-------	--------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Lion	Pflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
			10

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12031	VL	Technische Mechanik I	Pflicht	3
12032	UE	Technische Mechanik I	Pflicht	2
12033	VL	Technische Mechanik II	Pflicht	3
12034	UE	Technische Mechanik II	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				10

Empfohlene Voraussetzungen
Es werden keine Module vorausgesetzt.

Qualifikationsziele
<p>1) Die Studierenden sind nach erfolgreichem Bestehen des Moduls in der Lage, einfache, linear elastische, gerade Strukturelemente wie Stäbe, Balken, Rohre und Fachwerke sowie einfache dynamische Systeme aus starren Körpern mit den Methoden der Technischen Mechanik zu behandeln.</p> <p>2) Die Studierenden kennen die der Technischen Mechanik zugrunde liegenden physikalischen Zusammenhänge und sind imstande, einfache Systeme eigenständig zu modellieren.</p> <p>3) Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, einfache Modelle mit den entsprechenden mathematischen Methoden zu behandeln.</p> <p>4) Die Studierenden erlangen die Grundlagen für weiterführende Lehrveranstaltungen der Luft- und Raumfahrttechnik.</p>

Inhalt
<p>Die Studierenden erwerben im Modul Technische Mechanik I und II für ME die Grundlagen zur Technischen Mechanik.</p> <p>1) Grundlagen der Vektorrechnung</p> <p>2) Statik starrer Körper: Einzelkräfte, Kräftepaare, Momente, Zentrale Kräftegruppe und allgemeine Kraftsysteme, Schnittprinzip, innere und äußere Kräfte, Schwerpunkte, Lagerungen und Lagerreaktionen, Lastverteilungen, Gleichgewichtsbedingungen, statische Bestimmtheit, Schnittgrößen an Fachwerken, Balken und Rahmentragwerken, Haftreibung, Arbeitsbegriff, Ermittlung von Gleichgewichtslagen und deren Stabilität</p> <p>3) Elastostatik statisch bestimmter und unbestimmter Systeme: Zug und Druck in Stäben (Spannung, Dehnung und Stoffgesetz), Spannungstensor und Verzerrungstensor</p>

<p>sowie deren Transformation, Hookesches Elastizitätsgesetz, Balkenbiegung, Flächenträgheitsmomente, Satz von Steiner, Schub und Torsion, Knickung, Arbeitsprinzipien, Die Sätze von Castigliano</p> <p>4) Kinematik und Kinetik des Massepunktes: Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsfunktion, Geradlinige Bewegung, Kreisbewegung und Relativbewegung, freie und geführte Bewegung, Kräftesatz, Energie- und Arbeitssatz, zentrischer Stoss, Reibung</p> <p>5) Kinematik und Kinetik starrer Körper: Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektor, begleitendes Dreibein, Beschreibung der Bewegung in ebenen Polarkoordinaten, Inertialsystem, bewegte Bezugssysteme, Relativbewegung, Kreisbewegung, Vektor der Winkelgeschwindigkeit, Eulersche Geschwindigkeitsformel, Momentanpol, Newtonsche Axiome, Schwerpunkt- und Drallsatz, Trägheitstensor, Hauptträgheitsmomente, Eulersche Kreiselgleichungen, Stabilität freier Drehbewegungen, Unwuchtwirkungen, statisches und dynamisches Auswuchten, Satz von Steiner, Energie- und Arbeitssatz, gerader und schiefer zentraler Stoß, nichtlineare Federn, Dämpfung und Reibung</p>
<b>Literatur</b>
<p>1) Gross, Hauger, Schröder, Wall: Technische Mechanik 1/2/3, Springer Verlag.  2) Szabo: Einführung in die Technische Mechanik, Springer Verlag.  3) Balke: Einführung in die Technische Mechanik: Kinetik, Springer Verlag.  4) Mahnken: Lehrbuch der Technischen Mechanik: Dynamik, Springer Verlag.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 180 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Das erworbene Wissen ist Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen und angewandte Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Ingenieurwissenschaften. Das Modul Technische Mechanik I und II für ME bildet die Grundlage für weitere Lehrveranstaltungen.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert zwei Trimester. Die Vorlesung Technische Mechanik I findet im Herbsttrimester des 1. Studienjahres (1. Trimester). Die Vorlesung Technische Mechanik II findet im Wintertrimester des 1. Studienjahres (2. Trimester). Das Modul wird jedes Studienjahr angeboten.

Modulname	Modulnummer
<b>Wahlpflichtmodul - Mechatronik</b>	1535

Konto	WPF Mechatronik- ME 2018
-------	--------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	15

Inhalt
<p><i>Beschluss 08/15: Der PA ME beschließt: Für die Module</i></p> <p><i>1535 Wahlpflichtmodul - Mechatronik für 15 ECTS,</i></p> <p><i>1538 Wahlpflichtmodul - Modellierung und Simulation im Bauwesen für 15 ECTS,</i></p> <p><i>1537 Wahlpflichtmodul - Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme für 20 ECTS,</i></p> <p><i>sind alle Master-Module der Trägerfakultäten wählbar.</i></p> <p><i>Die Studenten haben darauf zu achten, dass die Prüfungsordnung eingehalten wird. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass es kein doppeltes Prüfen derselben Inhalte geben darf. Im Zweifel ist der Rat der Paten einzuholen. Werden Leistungen im Umfang von mehr als der jeweiligen geforderten ECTS eingebracht, zählen die jeweils besseren Noten für die Ermittlung der Modulgesamtnote.</i></p> <p><i>Für das Modul 1635 (Wahlpflichtmodul - IT-Sicherheit &amp; Kommunikationssysteme) gilt im Umfang von 15 ECTS eine bewusst gesetzte Positivliste, aus der die Studierenden nach Neigung und Interesse auszuwählen haben. Ein Abweichen von dieser Auswahl ist besonders zu beantragen.</i></p>



Modulname	Modulnummer
<b>Nichtlineare Statik</b>	1314

Konto	WPFM Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gebbeken	Pflicht	8

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13141	VL	Nichtlineare Statik	Pflicht	2
13142	UE	Nichtlineare Statik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Grundlagen der Statik (B.Sc.)
Qualifikationsziele
Die Studierenden beherrschen grundlegende Verfahren zur nichtlinearen Berechnung von Tragwerken und können diese selbständig anwenden. Sie wissen um ihre Bedeutung und können abschätzen, in welchen Fällen nichtlinear zu rechnen ist. Die Vorlesung stärkt damit insgesamt die analytischen Fähigkeiten sowie logisches und abstraktes Denkvermögen.
Inhalt
Grundlagen der geometrisch und physikalisch nichtlinearen Statik für Stäbe und ebene Flächentragwerke (Prof.Gebbeken): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalisch nichtlineare Theorie</li> <li>• Grenzlasttheorie</li> <li>• Fließgelenktheorie</li> <li>• E-Theorie II. Ordnung</li> <li>• Stabilitätsprobleme</li> <li>• Physikalisch und geometrisch nichtlineare Theorie</li> <li>• Nichtlineares Materialverhalten: Plastizitätstheorie</li> <li>• Grundlagen nichtlinearer numerischer Berechnungsverfahren (FEM)</li> <li>• Beulen von ebenen Flächentragwerken</li> </ul>
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung 90 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten Teilnahmechein über erfolgreich besuchte Übungen (sP-90 oder mP-30, TS).
Verwendbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul für die Vertiefungsrichtung PTM/Bau des Studiengangs Mathematical Engineering (M.Sc.)</li> </ul>

- Empfohlenes Modul für: Finite Methoden und Stoffgesetze in der Hochdynamik

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 1 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester des 1. Studienjahres vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Strömungssimulation in Labor und Computer</b>	1333

Konto	WPFM Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Malcherek	Pflicht	8

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13331	P	Großes Laborpraktikum Hydromechanik	Pflicht	2
13332	VL	Numerische Methoden der Strömungsmechanik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Für das Modul werden grundlegende Kenntnisse aus der Hydromechanik vorausgesetzt, so wie sie in der Vorlesung Hydromechanik I angeboten werden. Der Inhalt dieser Vorlesung kann auch auf dem Youtube-Kanal Hydromechanik und Wasserbau in der Playlist Hydrodynamik eingesehen und gegebenenfalls nachbereitet werden.

#### Qualifikationsziele

In diesem Modul erwirbt man die Qualifikation, komplexe Strömungen, die nicht mehr mit 'Bleistift und Papier' berechenbar sind, entweder durch Laborexperimente und Naturmessungen oder durch die Computersimulation zu untersuchen.

#### Inhalt

##### **Laborpraktikum (Prof. Malcherek):**

- Physikalische Eigenschaften von Flüssigkeiten
- Hydrostatik
- Messungen im physikalischen Modell
- Ausfluss aus Öffnungen
- Messüberfälle
- Wehr, Überfall und Schützströmung
- Saugheber

- Pelton-Turbine
- Pfeilerstau: Geschwindigkeitsverteilung und Sedimenttransport
- Geschiebetransport in der Laborrinne
- Abflussmessungen im Feld (Hachinger Bach)
- Bestimmung der Schiffstabilität und Fahrdynamik
- Aufnahme der Sohltopografie durch Echolot und Peilung
- ADCP-Einsatz auf dem Boot (Donau)
- Entnahme und Analyse von Sedimentproben

#### **Numerische Methoden (Prof. Malcherek):**

- Digitale Geländemodelle und Gittergenerierung
- Dreidimensionale Strömungsmodelle (DNS, LES, RANS)
- Tiefengemittelte Strömungsmodelle
- Anfang- und Randbedingungen
- Sohlrauheit und Sohlschubspannung
- Turbulente Viskosität und Dispersion
- Methoden des Postprocessings
- Qualitätskriterien für numerische Verfahren
- Numerische Diskretisierungsverfahren: FD, FE, FV
- Lagrange- und Charakteristikenverfahren

#### **Leistungsnachweis**

Mündliche Prüfung 30 Minuten (mP-30).

#### **Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester des 1. Studienjahres vorgesehen. Im Rahmen eines Blended-Learning-Konzepts werden Vorlesungen als Präsenzveranstaltungen in Kombination mit Videoaufzeichnungen bei der Lehrveranstaltung Numerische Methoden der Strömungsmechanik angeboten. Zu jeder Videovorlesung wird eine Nachbesprechung mit Fragemöglichkeiten angeboten.

Bei geringer Teilnehmerzahl werden einzelne Veranstaltungen im Konsenz mit den Studierenden auch als Block angeboten.

Modulname	Modulnummer
<b>Kontinuumsmechanik und Werkstoffmodelle</b>	1334

Konto	WPFM Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Brünig	Pflicht	8

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13341	VL	Kontinuumsmechanik und Werkstoffmodell	Pflicht	4
13342	VL	Tensorrechnung	Pflicht	1
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Bachelor-Studium
Qualifikationsziele
Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Tensorrechnung in symbolischer Darstellung. Sie besitzen ein fundiertes Wissen über unterschiedliche Spannungs- und Verzerrungstensoren und erhalten Einblicke in die Struktur und Bedeutung der Erhaltungsgleichungen und der Hauptsätze der Thermodynamik. Fundierte Kenntnisse über inelastische Stoffgesetze, Schädigungsentwicklungen und Versagensmechanismen von Werkstoffen erlauben eine realistische Prognose des Deformations- und Versagensverhaltens von Bauteilen und Strukturen.
Inhalt
<p><b>Kontinuumsmechanik und Werkstoffmodelle (Prof Brünig).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematik des Kontinuums</li> <li>• Kräfte und Spannungen</li> <li>• Bilanz- und Erhaltungssätze</li> <li>• Materialgleichungen</li> <li>• Formulierung mit gestreckten Basisvektoren</li> </ul> <p><b>Tensorrechnung (Prof. Apel):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vektoren, ko- und kontravariante Basis</li> <li>• Tensoren zweiter und höherer Stufe</li> <li>• Rechenoperationen mit Tensoren</li> <li>• krummlinige Koordinaten</li> <li>• Differentiale und der Gradient einer skalaren Funktion</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Nabla-Kalkül für Tensorfelder</li><li>• Christoffel-Symbole</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche Prüfung 30 Minuten oder schriftliche Prüfung 90 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Modul "Finite Methoden und Stoffgesetze Hochdynamik"</li><li>• Konstruktive Fächer</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester des 1. Studienjahres vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Schalentragwerke	1343

Konto	WPFM Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gebbeken	Wahlpflicht	10

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13431	VL	Mechanik der Schalentragwerke	Pflicht	2
13432	UE	Mechanik der Schalentragwerke	Pflicht	2
13433	VL	Variationsrechnung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse aus der Differential- und Integralrechnung für Funktionen mehrerer Veränderlicher, Kenntnisse aus der Baumechanik und Baustatik.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse und Fähigkeiten zur Lösung von Variationsproblemen. Sie erhalten weiterhin einen vertieften Einblick in das besondere Tragverhalten gekrümmter Flächentragwerke und in die Formulierung von Schalengleichungen. Sie erwerben Kenntnisse von Lösungskonzepten für Schalenkonstruktionen im Membran- und Biegespannungszustand und können Berechnungen für zusammengesetzte, rotationssymmetrische Schalentragwerke selbständig durchführen. Sie erwerben Kenntnisse, um einfache lineare Finite-Element-Berechnungen durchzuführen und die Berechnungsergebnisse mit Hilfe von Näherungsverfahren zu beurteilen.

#### Inhalt

##### **Variationsrechnung (Prof. Apel):**

- Extremalprobleme, Variationsgleichung und Euler-Lagrange-Gleichung
- Hamilton-Prinzip
- Querbezüge zur Numerik
- Variationsaufgaben mit Nebenbedingungen

##### **Mechanik der Schalentragwerke (Prof. Gebbeken):**

- Schalentragwerke im Ingenieurbau
- Gleichgewichtsbedingungen für Schalen beliebiger Geometrie



- Konstitutive Gleichungen für die Schnittgrößen
- Geometrische und dynamische Randbedingungen
- Lösungskonzepte für die Schalengleichungen
- Spezialisierung auf Rotationsschalen
- Membrantheorie für Rotationsschalen
- Biegetheorie drehsymmetrisch belasteter Rotationsschalen
- Näherung von Geckeler
- Berechnung zusammengesetzter Schalentragwerke
- Stabilitätsgleichungen
- Beuluntersuchungen für Schalen einfacher Geometrie

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung 90 Minuten oder mündliche Prüfung 45 Minuten.

**Verwendbarkeit**

Konstruktive Fächer

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 1 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Modulname	Modulnummer
<b>Bauen im Einsatz und Sicherheit der baulichen Infrastruktur</b>	1468

Konto	WPFM Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gebbeken	Pflicht	9

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14681	VL	Bauen im Einsatz	Pflicht	2
14682	VL	Sicherheit der baulichen kritischen Infrastruktur für Bund und Bundeswehr	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Fundierte mathematische, mechanische und statische Kenntnisse.
Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Thematik "Bauen im Einsatz", lernen die verschiedenen Beteiligten der Bundeswehr in diesem Bereich kennen und erhalten so einen Einblick in evtl. spätere Tätigkeiten als Bauingenieur bei der Bundeswehr.</p> <p>Darüberhinaus lernen die Studierenden theoretische und praktische Aspekte zum Schutz der baulichen Infrastruktur vor außergewöhnlichen Einwirkungen wie Detonationen oder Impakt kennen. Sie werden für die immer häufiger auftretenden außergewöhnlichen Einwirkungen sensibilisiert und können das grundlegende Tragverhalten der Gesamtstruktur einschätzen.</p> <p>Insgesamt wird das eigenständige Denken sowie die Fähigkeit zum interdisziplinären Handeln und zum Hinterfragen der Anwendbarkeit bestehender Regelungen gestärkt.</p>
Inhalt
<p>1. Teil: Bauen im Einsatz (Prof. Gebbeken + externe Referenten)</p> <p>Der erste Teil (FT) wird i.d.R. auf zwei/drei Tage geblockt und zusammen mit externen Referenten aus dem Bundesministerium der Verteidigung, der Wehrverwaltung, der Wehrtechnischen Dienststelle und anderen Bundeswehr-Ämtern und -Dienststellen durchgeführt. Dabei steht der gesamtheitliche, integrative Ansatz beim Bauen der Bundeswehr in Einsatzgebieten im Vordergrund.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projekt Auslandseinsatz</li> <li>• Projektmanagement</li> </ul>

- Geotechnik und Baugrund
- Wasser
- Durchführung von Baumaßnahmen
- Beschaffung
- Modularisierte Bauweisen
- Schutz vor Waffenwirkung
- Qualitätssicherung
- Beispiele aus Einsatzgebieten

2. Teil: Sicherheit der baulichen kritischen Infrastruktur für Bund und Bundeswehr (Prof. Gebbeken)

Im zweiten Teil des Moduls (HT) steht das Thema des passiven Schutzes der Infrastruktur im Vordergrund. Dabei werden von der Theorie bis zur praktischen Umsetzung die wesentlichen Themen abgedeckt. Die vermittelten Kenntnisse werden anhand von militärischen Bauten, aber auch Bauten des Bundes (z.B. Botschaften), exemplarisch aufgezeigt.

- Grundlagen der Risikoanalyse
- Entstehung und Auswirkung von Detonationen
- Entstehung und Auswirkung von Impakt und Stoßbeanspruchungen
- Belastungsermittlung bei Detonationen und Impaktvorgängen
- Normen und Richtlinien
- Werkstoffe
- Numerische Verfahren und Simulationen
- Gebäude- und Tragwerkskonzepte
- Versagensmechanismen
- Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit bei nachträglicher Verstärkung
- Integrierte Design-Konzepte bei Kombinationen von außergewöhnlichen Einwirkungen
- Aspekte gesamtheitlicher Schutz- und Sicherheitskonzepte

**Leistungsnachweis**

Mündliche Prüfung 30 Minuten oder schriftliche Prüfung 90 Minuten.

**Verwendbarkeit**

Das Modul bereitet auf eine spätere Tätigkeit als Bauingenieur in der Bundeswehr und bei Auslandseinsätzen vor und vermittelt entsprechende Kenntnisse.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 2 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester und wird in der Regel als eine Blockveranstaltung von Donnerstag 18:00 Uhr bis Samstag 13:00 Uhr durchgeführt. Der Termin wird mit dem jeweiligen Studentenjahrgang abgesprochen. Der zweite Teil des Moduls findet anschließend im Herbsttrimester statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Wahlpflichtmodul - Modellierung und Simulation im Bauwesen</b>	1538

Konto	WPFM Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Brünig	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
450	168	282	15

Qualifikationsziele
Die Studierenden sollen sich zu Experten in einem oder mehreren selbst gewählten Gebieten der Modellierung und Simulation im Bauwesen weiterbilden. Eine detaillierte Beschreibung der Qualifikationsziele der einzelnen Wahlpflichtveranstaltungen, die im Rahmen dieses Moduls belegt werden können, ist den Beschreibungen der Module zu entnehmen, aus denen diese Wahlpflichtveranstaltungen stammen.
Inhalt
Die Wahlpflichtveranstaltungen, die im Rahmen dieses Moduls belegt werden können, decken inhaltlich ein weites Feld im Bereich der Modellierung und Simulation im Bauwesen ab. Eine detaillierte Beschreibung der Inhalte der einzelnen Wahlpflichtveranstaltungen, die im Rahmen dieses Moduls belegt werden können, ist den Beschreibungen der Module zu entnehmen, aus denen diese Wahlpflichtveranstaltungen stammen.
Leistungsnachweis
Leistungsnachweis für das Gesamtmodul ist ein Notenschein, der sich aus verschiedenen Einzelleistungen in den Teilveranstaltungen zusammensetzt. Die geforderten Einzelleistungen werden in den einzelnen Veranstaltungen separat bekannt gegeben.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul kann sich je nach Wahl der Wahlpflichtveranstaltungen über mehrere Trimester erstrecken.
Sonstige Bemerkungen
Zugehörige Lehrveranstaltungen:  Auswahl von Wahlpflichtveranstaltungen des Master-Studiengangs BAU im Umfang von mindestens 15 ECTS. Im Hinblick auf die Auswahl der Wahlpflichtveranstaltungen ist eine vorhergehende Beratung durch den Modulverantwortlichen obligatorisch.

Modulname	Modulnummer
Massivbau Vertiefung	1539

Konto	WPFM Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Keuser	Pflicht	8

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15391	VL	Hoch- und Industriebau	Pflicht	2
15392	VL	Spannbetonbau	Pflicht	2
15393	UE	Spannbetonbau	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Fundierte Kenntnisse der Statik, Mechanik und Werkstoffe. Grundlagenkenntnisse im Massivbau.
Qualifikationsziele
Im Modul erwerben die Studierenden die Kenntnisse der Grundlagen und der Berechnungsverfahren der Spannbetonbauweise sowie die Fähigkeit zur Umsetzung der Grundlagen des Massivbaus im Hoch- und Industriebau.
Inhalt
<p><b>Spannbetonbau (Prof. Keuser):</b></p> <p>In der Vorlesung Spannbetonbau werden nach einem geschichtlichen Rückblick die Vorspanntechnologien vorgestellt und die Berechnung der Vorspannung statisch bestimmter und statisch unbestimmter Systeme hergeleitet. Anschließend folgen die Berechnung der Auswirkung des zeitabhängigen Materialverhaltens von Beton und Stahl auf das Tragverhalten sowie die Berechnung von Spannkraftverlusten. Nach der Bemessung vorgespannter Bauteile im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit schließt eine Zusammenfassung mit der Darstellung von Entwurfsgrundsätzen diese Lehrveranstaltung ab. In der zugehörigen Übung wird ein Beispiel vorgestellt und umfassend bearbeitet.</p> <p><b>Hoch- und Industriebau (Prof. Keuser):</b></p> <p>In der Vorlesung Hoch- und Industriebau wird die Anwendung der Massivbauweise im Hoch- und Industriebau, sowohl bei Fertigteil- als auch bei Ortbetonkonstruktionen behandelt. Daneben werden Spezialthemen wie z.B. WU-Konstruktionen, Betontragwerke für Hochhäuser, Heißbemessung von Massivbauteilen etc. behandelt.</p>

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 120 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Modul ist empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme an den Modulen: <ul style="list-style-type: none"><li>• Brücken- und Ingenieurbau</li><li>• Projekt Konstruktiver Ingenieurbau</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester und beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester des 1. Studienjahres vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Stahlbau Vertiefung</b>	1540

Konto	WPFM Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Andreas Taras	Pflicht	8

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15401	VL	Ingenieurholzbau	Pflicht	2
15402	VL	Stahl- und Verbundkonstruktionen	Pflicht	2
15403	UE	Stahl- und Verbundkonstruktionen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind fundierte Kenntnisse in der Mechanik, der Baustatik, dem Verhalten der Werkstoffe des Bauwesens sowie dem Stahlbau und dem Holzbau.

#### Qualifikationsziele

Im Rahmen des Moduls erwerben die Studierenden vertiefte Kenntnisse in den Fächern Ingenieurholzbau sowie Stahl- und Verbundbau. Insbesondere entwickeln sie Fähigkeiten zur Analyse des Tragverhaltens der genannten Bauweisen und zur anwendungsorientierten Übersetzung der Berechnungsergebnisse in ausführbare Konstruktionen.

#### Inhalt

##### **Ingenieurholzbau (Prof. Taras):**

- Tragstrukturen aus Holzelementen
- Brettschichtholz, Herstellung, Werkstoffkenngrößen
- Dimensionierungsgrundsätze
- Gekrümmte Holzleimkonstruktionen
- Rahmentragwerke
- Detailgestaltung
- Holzschutz
- Tafelbauweise
- Hallentragwerke
- Holzbrücken, Pionierbrücken
- Gegenüberstellung Berechnungsansätze Holzbau - Stahlbau

**Stahl- und Verbundkonstruktionen (Prof. Taras):**

- Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit
- St. Venant Torsion
- Wölbkrafttorsion
- Stabilisierung elastisch gebetteter Stabsysteme
- Schubfeldtheorie
- Beulen
- Interaktion Knicken/Beulen
- Theorie der Verbundkonstruktionen
- Gestaltung der Verbundfuge
- Zeitabhängiges Materialverhalten
- Anslusstechnik im Stahl- und Verbundbau

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung 120 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten.

**Verwendbarkeit**

Das Modul ist Voraussetzung für die Teilnahme an den Modulen Brücken- und Ingenieurbau sowie Projekt Konstruktiver Ingenieurbau.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 1 Trimester und beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester des 1. Studienjahres vorgesehen.



Modulname	Modulnummer
<b>Projektarbeit (ME MSB)</b>	1544

Konto	WPFM Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	9

Empfohlene Voraussetzungen
Alle Fachmodule des Master-Studiengangs Bauingenieurwesens und Umweltwissenschaften, die für die Bearbeitung der jeweiligen Problemstellung erforderlich sind.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erhalten Einblick in aktuelle Forschungsarbeiten der Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften. Sie sind vertraut mit den zur Bearbeitung solcher Fragestellungen erforderlichen wissenschaftlichen Methoden. Sie sind in der Lage, eine Problemstellung aus diesem Bereich unter Anleitung zu analysieren, klar darzustellen und einen Lösungsweg aufzuzeigen.
Inhalt
Selbstständige Bearbeitung einer umfangreicheren Problemstellung aus einem Bereich des Bauingenieurwesens und Umweltwissenschaften. Die Arbeit kann theoretischer, experimenteller oder konstruktiver Natur sein. Im Vordergrund steht die Erarbeitung von Ergebnissen unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden sowie die Präsentation der Ergebnisse. Das Projekt kann auch in Gruppen bearbeitet werden.
Leistungsnachweis
Es werden sowohl die Vorgehensweise während der Bearbeitung wie auch die schriftliche Ausarbeitung der Arbeit mit einem Notenschein bewertet. Wird die Arbeit als Gruppenarbeit angefertigt, so muss der individuelle Anteil der einzelnen Bearbeiter/Bearbeiterinnen erkennbar sein.
Verwendbarkeit
Das Modul Projekt ist erforderlich für den Abschluss des Master-Studiengangs Mathematical Engineering Bauingenieurwesens und Umweltwissenschaften. Der Abschluss der Projektarbeit ist Voraussetzung für den Beginn der Masterarbeit.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester, es beginnt im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
<b>Aerothermodynamik</b>	1048

Konto	WPFL MLS - ME 2018
-------	--------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Mundt	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10481	VÜ	Aerothermodynamik	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Der Besuch der Vorlesung Aerodynamik und/oder Gasdynamik wird empfohlen.

Qualifikationsziele
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Studierenden können die Bedeutung der Aerothermodynamik bei technischen Problemstellungen hinsichtlich Machbarkeit, Technologie und zukünftigen Trends einordnen.</li> <li>2. Die Studierenden können für einfache Fälle mechanische und thermische Lasten abschätzen.</li> <li>3. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, für die jeweiligen Anwendungen sinnvolle Konfigurationen vorschlagen zu können.</li> <li>4. Die Studenten bekommen Einblick in einige Phänomene, die nicht direkt LRT zuzuordnen sind.</li> </ol>

Inhalt
<p>Die Studierenden erwerben im Modul Aerothermodynamik das Grundwissen zu und das Verständnis der Aerothermodynamik mit den vielfältigen gekoppelten Wechselwirkungen die bei heißen und/oder sehr schnellen Strömungen auftreten.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Bedeutung der Aerothermodynamik bei Problemstellungen aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik. Insbesondere werden Anwendungen zum Atmosphäreneintritt und zu Raketen-/Staustrahlerströmungen vermittelt.</li> <li>2. Ausgehend von einer Betrachtung von reibungsfreien Über-/Hyperschallströmungen unter Idealgasannahme werden schrittweise zusätzliche Kopplungen wie z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reibungseffekte,</li> <li>• Effekte von einfachen chemischen Reaktionen im Gleichgewicht und Nichtgleichgewicht</li> </ul> </li> </ol>

eingeführt und um Ansätze zur Beschreibung von Hochtemperaturgaseigenschaften erweitert. 3. Das erworbene Wissen wird durch die Anwendung auf insbesondere Erdwiedereintritt sowie Reichweitenflug von Flugkörpern erweitert.
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 75 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten
<b>Verwendbarkeit</b>
Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen und angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet insbesondere von Wiedereintrittsfluggeräten.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 2. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Computational Fluid Dynamics</b>	1053

Konto	WPFL MLS - ME 2018
-------	--------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. (habil) Markus Klein	Pflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10531	VL	Computational Fluid Dynamics (CFD)	Pflicht	2
10532	UE	Computational Fluid Dynamics (CFD)	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				4

Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in numerischer Mathematik (entsprechend den Inhalten des Bachelor- und Master-Moduls "Numerische Mathematik"). Vorlesung Strömungsmechanik.

Qualifikationsziele
Die numerische Behandlung von strömungsmechanischen Problemstellungen ist für viele Bereiche der Luft- und Raumfahrt zu einem unentbehrlichen Standard-Werkzeug geworden. Die Vorlesung "Computational Fluid Dynamics (CFD)" macht die Studenten mit den Verfahren vertraut, mit denen sich der praktisch arbeitende Ingenieur konfrontiert sieht. Dazu gehören die eigentliche Berechnung inkompressibler und kompressibler Strömungen, sowie eine Einführung in die Theorie der Turbulenzmodellierung.

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beispiele von CFD Simulationen</li> <li>• Gittergenerierung, Gitter und ihre Eigenschaften</li> <li>• Behandlung inkompressibler Strömungen</li> <li>• Behandlung kompressibler Strömungen</li> <li>• Behandlung von turbulenten Strömungen (DNS, LES, DES, URANS, Turbulenzmodelle)</li> <li>• Grundgleichungen der Fluidodynamik, Näherungen und mathematischer Charakter</li> <li>• Finite Differenzen Methode</li> <li>• Finite Volumen Methode</li> <li>• Zeitintegrationsverfahren für instationäre Strömungen</li> <li>• Eigenschaften finiter Approximationen</li> <li>• Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme</li> <li>• Lösungsverfahren für die Navier-Stokes-Gleichungen inkompressibler Strömungen</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Randbedingungen</li></ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Blazek J.: Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications. Elsevier, Amsterdam, 2001.</li><li>• Ferziger J.H., Peric M.: Numerische Strömungsmechanik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007.</li><li>• Hirsch Charles: Numerical Computation of Internal and External Flows. Vol. I&amp;II. Butterworth Heinemann, 2007.</li><li>• LeVeque Randall J.: Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems. Cambridge Texts in Applied Mathematics. Cambridge University Press, 2002.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 75 Minuten (Hilfsmittel: selbst angefertigte Mitschrift aus der Vorlesung (1xDINA4 beidseitig beschrieben), kein Taschenrechner) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel)
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Modul kann in allen technisch orientierten Bereichen des LRT-Studiums verwendet werden.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Höhere Technische Mechanik</b>	1067

Konto	WPFL MLS - ME 2018
-------	--------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Lion	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10671	VL	Höhere Technische Mechanik	Pflicht	4
10672	UE	Höhere Technische Mechanik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Technische Mechanik I und II

Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind nach erfolgreichem Bestehen des Moduls in der Lage, komplexe Beanspruchungszustände von Bauteilen mit einfachen Methoden zu beurteilen.</li> <li>• Die Studierenden kennen die der Höheren Technischen Mechanik zugrunde liegenden mathematischen und physikalischen Zusammenhänge und sind imstande, komplexere Systeme eigenständig zu modellieren und zu berechnen.</li> <li>• Die Studierenden erlangen die Grundlagen für weiterführende Lehrveranstaltungen der Luft- und Raumfahrttechnik.</li> </ul>

Inhalt
<p>Die Studierenden erwerben im Modul <b>Höhere Technische Mechanik</b> das Grundwissen zur Beurteilung, Berechnung und Interpretation komplexerer Beanspruchungszustände von mechanischen Bauteilen und Systemen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Vektor- und Tensorrechnung, Differentialoperatoren, Einsteinsche Summenkonvention, Koordinatentransformation, Symmetrische und antimetrische Tensoren, Invarianten eines Tensors 2. Stufe, Hauptachsentransformation, Satz von Caley-Hamilton, Ableitungen von Feldfunktionen und Tensoren, Gausscher Integralsatz</li> <li>• Kinematik deformierbarer Körper, Lagrangesche und Eulersche Beschreibung, Deformations- und Verschiebungsgradient, Geschwindigkeitsvektoren, Geschwindigkeitsgradienten und Tensoren, Verzerrungstensoren, geometrische Linearisierung</li> <li>• Spannungstensoren der Referenz- und Momentankonfiguration, Deviator und Kugelanteil</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Globale und lokale Form der Bilanzgleichungen: Massenbilanz, Impulsbilanz, Drehimpulsbilanz, Energiebilanz und Entropiebilanz, Freie Helmholtzsche Energiefunktion, Herleitung und Auswertung der Clausius-Duhem-Ungleichung</li> <li>• Materialmodelle der Fluidmechanik und Festkörpermechanik, Fouriersche Wärmeleitung, Inkompressibilität, Navier-Stokes Gleichung, Lamé-Navier Gleichung, Zugversuch, Scherversuch- und Kompressionsversuch</li> <li>• Ausgewählte Probleme der Festkörpermechanik: isotrope und anisotrope Stoffe, Kompatibilitätsbedingungen, Airysche Spannungsfunktion, Materialmodelle in Zylinderkoordinaten, Einführung in die Elastoplastizität</li> <li>• Prinzip von d'Alembert und dessen Auswertung im Rahmen der Finite Elemente Methode</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altenbach: Kontinuumsmechanik, Springer Verlag.</li> <li>• Greve: Kontinuumsmechanik, Springer Verlag.</li> <li>• Gross, Hauger, Wriggers: Technische Mechanik 4, Springer Verlag.</li> <li>• Haupt: Continuum Mechanics and Theory of Materials, Springer Verlag.</li> <li>• Szabo: Höhere Technische Mechanik, Springer Verlag.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten
<b>Verwendbarkeit</b>
Das erworbene Wissen ist Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen sowie angewandte Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Luft- und Raumfahrttechnik. Das Modul Höhere Technische Mechanik bildet die Grundlage für weitere Lehrveranstaltungen des Masterstudiums.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester, es findet im Wintertrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Strukturdynamik</b>	1089

Konto	WPFL MLS - ME 2018
-------	--------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Helmut Rapp	Pflicht	10

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10891	VÜ	Strukturdynamik	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
----------------------------

Vorausgesetzt werden Kenntnisse in "Festigkeitslehre" und "Schwingungslehre"

Qualifikationsziele
---------------------

- Die Studierenden kennen die wesentlichen Verfahren zur Lösung der klassischen Schwingungsgleichungen für Strukturen mit kleiner Dämpfung und einer beliebigen Zahl von Freiheitsgraden.
- Die Studierenden können mit den Begriffen "Eigenfrequenz", "Eigenform", "Modale Masse", "Modale Steifigkeit", und "Modale Dämpfung" umgehen. Sie wissen, Aufgabenstellungen in "Frequenzbereich" bzw. "Zeitbereich" einzuordnen.
- Die Studierenden kennen den Unterschied zwischen einer analytischen und einer numerischen Lösung der Schwingungsgleichung und können die zugehörigen Verfahren einsetzen.
- Sie sind in der Lage, für ein gegebenes physikalisches Problem ein geeignetes mathematisches Ersatzmodell zu erstellen und dieses mit geeigneten Methoden zu lösen.
- Die Studierenden können für einfache Aufgabenstellungen geeignete Näherungsverfahren einsetzen, um schnell erste Aussagen bzgl. des dynamischen Verhaltens von Strukturen machen zu können.

Inhalt
--------

Die Studierenden erhalten im Modul "Strukturdynamik" vertiefende Kenntnisse über das dynamische Verhalten von Strukturen unter dynamischer Belastung. Schwerpunkt bilden die Verfahren zur Ermittlung der Beanspruchung unter periodischer und transienter Belastung bei kleiner Strukturdämpfung.

Das Modul gliedert sich in folgende Abschnitte:

- Erzwungene Schwingungen von Masse-Feder-Systemen mit einem FHG analytische Lösungen, numerische Lösungen der Bewegungsgleichung.
- Erzwungene Schwingungen von Systemen mit vielen Freiheitsgraden



<p>Eigenfrequenzen, Eigenformen, Systematisches Aufstellen der Bewegungsgleichung, Erstellung der Steifigkeitsmatrix, Massenmatrix, Reduktion von Freiheitsgraden, Orthogonalität der Eigenvektoren, Entkopplung der Bewegungsgleichungen, Gedämpfte Schwingungen, Dämpfungsmodelle, Numerische Integration der Bewegungsgleichungen, Newmark-<math>\beta</math>-Verfahren, Darstellung der Schwingungen im Zustandsraum, Allgemeines zur dynamischen Analyse von Strukturen.</p> <p>- Näherungsverfahren Biegeschwingungen, Torsionsschwingungen, Gekoppelte Biege-Torsionsschwingungen, Ritzsches Verfahren, Galerkinsches Verfahren.</p> <p>- Experimentelle Modalanalyse.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasch R., Knothe K.: Strukturdynamik. Berlin: Springer-Verlag, 1987.</li> <li>• Hart G.C., Wong K.: Structural Dynamics for Structural Engineers. New York: John Wiley &amp; Sons, Inc., 1999.</li> <li>• Craig R.R., Kurdila A.J.: Fundamentals of Structural Dynamics, New Jersey: John Wiley &amp; Sons Inc., 2006.</li> <li>• Lalanne Ch.: Mechanical Vibration and shock Analysis. Volume 1: Sinusoidal Vibration. London: ISTE Ltd. and John Wiley &amp; Sons Inc., 2009.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung 90 Minuten (30 Minuten Fragenteil ohne Hilfsmittel, 60 Minuten Aufgabenteil mit allen Hilfsmitteln) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel)</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<p>Das Modul vertieft die Inhalte der Schwingungslehre. Es bietet Methoden zur Analyse von anspruchsvollen Problemen der Strukturdynamik aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik. In der Luft- und Raumfahrttechnik sind die Inhalte notwendig im Bereich der Entwicklung von Strukturen.</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt.</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Wärme- und Stofftransport</b>	1090

Konto	WPFL MLS - ME 2018
-------	--------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Michael Pfitzner	Pflicht	10

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10901	VL	Wärme- und Stofftransport	Pflicht	3
10902	UE	Wärme- und Stofftransport	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die Module „Höhere Mathematik“, „Thermodynamik I/II - Grundlagen der Wärmeübertragung“ sowie „Strömungslehre“. Vorteilhaft sind Kenntnisse der Aerodynamik und Gasdynamik.

#### Qualifikationsziele

1. Die Studierenden kennen die verschiedenen Arten des Wärmeübergangs und ihre Eigenschaften, die Äquivalenz von Wärme- und Stoffübergang und die Bedingungen, unter denen diese Äquivalenz gültig ist.
2. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, auch komplexere Wärmeübertragungsprobleme mittels analytischen Methoden zu analysieren und damit numerische Thermalsimulationen zu verifizieren.
3. Die Studierenden besitzen ein vertieftes Verständnis der Eigenschaften der Wärmeübertragungsarten und deren physikalischem Hintergrund.
4. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, kombinierte Wärme- und Stofftransportproblemstellungen selbstständig unter Verwendung von Standardliteratur zu lösen.

#### Inhalt

Die Studierenden erwerben im Modul „Wärme- und Stofftransport“ vertiefte Kenntnisse über die physikalischen Grundlagen der verschiedenen Arten der Wärmeübertragung und über besondere mathematische Berechnungsmethoden für die Berechnung von Wärmeübergangsaufgaben. Das Modul gliedert sich in folgende Abschnitte:

- Die Studierenden erhalten zunächst eine kurze Wiederholung der Eigenschaften der drei Arten von Wärmeübertragung: Wärmeleitung, konvektiver Wärmeübergang, Strahlung. Es wird eine Übersicht über Anwendungen in der Antriebs- und Raumfahrttechnik gegeben, in denen die Wärme- und Stoffübertragung eine wichtige Rolle spielt.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach einer kurzen Erläuterung der einfachen Berechnungsmethoden für die Wärmeleitung werden die Studierenden mit komplexeren analytischen Berechnungsmethoden vertraut gemacht.</li> <li>• Mit den Studierenden werden Maßnahmen zur Erhöhung des Wärmeübergangs, insbesondere auch durch Erhöhung der übertragenden Oberfläche, diskutiert.</li> <li>• Anschließend werden die Kenntnisse der Studierenden in Bezug auf den konvektiven Wärmeübergang vertieft. Es werden die Zusammenhänge des konvektiven Wärmeübergangs mit den Navier-Stokes-Gleichungen (inkl. Energiegleichung) beleuchtet und daraus die Ähnlichkeitstheorie genauer begründet.</li> <li>• Die in der Strömungsmechanik vermittelten Kenntnisse über die Berechnung von Grenzschichten werden für die Wärmeübertragung verallgemeinert. Es werden sowohl laminare wie turbulente Strömungen diskutiert und es wird der Wärmeübergang bei sehr schneller Überströmung erläutert.</li> <li>• Beispiele gekoppelter Problemstellungen mit Wärmeleitung, konvektivem Wärmeübergang und Phasenwechsel vertiefen die Fähigkeiten der Studierenden.</li> <li>• Es werden die Grundgleichungen für einfachen Stofftransport in binären Systemen hergeleitet und die Äquivalenz der Gleichungen mit den Grundgleichungen der Wärmeübertragung für die Wärmeleitung und den konvektiven Wärmeübergang erläutert.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Modul vertieft Inhalte des „Grundlagen der Wärmeübertragung“. Es bietet Methoden zur Analyse und Berechnung von anspruchsvolleren Problemen des warmen Maschinenbaus an. In der Luft- und Raumfahrttechnik werden die Inhalte für die Entwicklung von Antrieben und von Raumfahrtsystemen benötigt.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Wahlpflichtmodul - Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme</b>	1537

Konto	WPFL MLS - ME 2018
-------	--------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
	Pflicht	0

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	20

Inhalt
<p>Beschluss 08/15: Der PA ME beschließt: Für die Module</p> <p>1535 Wahlpflichtmodul - Mechatronik für 15 ECTS,</p> <p>1538 Wahlpflichtmodul - Modellierung und Simulation im Bauwesen für 15 ECTS,</p> <p>1537 Wahlpflichtmodul - Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme für 20 ECTS,</p> <p>sind alle Master-Module der Trägerfakultäten wählbar.</p> <p>Die Studenten haben darauf zu achten, dass die Prüfungsordnung eingehalten wird. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass es kein doppeltes Prüfen derselben Inhalte geben darf. Im Zweifel ist der Rat der Paten einzuholen. Werden Leistungen im Umfang von mehr als der jeweiligen geforderten ECTS eingebracht, zählen die jeweils besseren Noten für die Ermittlung der Modulgesamtnote.</p> <p>Für das Modul 1635 (Wahlpflichtmodul - IT-Sicherheit &amp; Kommunikationssysteme) gilt im Umfang von 15 ECTS eine bewusst gesetzte Positivliste, aus der die Studierenden nach Neigung und Interesse auszuwählen haben. Ein Abweichen von dieser Auswahl ist besonders zu beantragen.</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Projektarbeit (ME-MLRTS)</b>	1545

Konto	WPFL MLS - ME 2018
-------	--------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Matthias Gerdts	Wahlpflicht	11

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	9

Empfohlene Voraussetzungen
Alle Fachmodule des Master-Studiengangs Luft- und Raumfahrttechnik, die für die Bearbeitung der jeweiligen Problemstellung erforderlich sind.
Qualifikationsziele
Der Studierende erhält Einblick in aktuelle Forschungsarbeiten der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik. Er ist vertraut mit den zur Bearbeitung solcher Fragestellungen erforderlichen wissenschaftlichen Methoden. Er ist in der Lage, eine Problemstellung aus diesem Bereich unter Anleitung zu analysieren, klar darzustellen und einen Lösungsweg aufzuzeigen.
Inhalt
Selbstständige Bearbeitung einer umfangreicheren Problemstellung aus einem Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik. Die Arbeit kann theoretischer, experimenteller oder konstruktiver Natur sein. Im Vordergrund steht die Erarbeitung von Ergebnissen unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden sowie die Präsentation der Ergebnisse. Das Projekt kann auch in Gruppen bearbeitet werden.
Leistungsnachweis
Es werden sowohl die Vorgehensweise während der Bearbeitung wie auch die schriftliche Ausarbeitung der Arbeit mit einem Notenschein bewertet. Wird die Arbeit als Gruppenarbeit angefertigt, so muss der individuelle Anteil der einzelnen Bearbeiter/ Bearbeiterinnen erkennbar sein.
Verwendbarkeit
Der Abschluss der Projektarbeit ist Voraussetzung für den Beginn der Masterarbeit.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Es beginnt spätestens im Wintertrimester des 2. Master-Studienjahres, kann aber in Absprache mit dem Betreuer früher beginnen.

Modulname	Modulnummer
Masterarbeit ME	1097

Konto	Master-Arbeit - ME 2018
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
	Pflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
900	0	900	30

Modulname	Modulnummer
Seminar studium plus, Training *	1008

Konto	Studium+ Master
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Zentralinstitut Studium+	Pflicht	0

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Qualifikationsziele
<p><b>studium plus-Seminare:</b></p> <p>Die Studierenden erwerben personale, soziale oder methodische Kompetenzen, um das Studium als starke, mündige Persönlichkeit zu verlassen. Die studium plus-Seminare bereiten die Studierenden dadurch auf ihre Berufs- und Lebenswelt vor und ergänzen die im Studium erworbenen Fachkenntnisse.</p> <p>Durch die Vermittlung von Horizontwissen wird die eingeschränkte Perspektive des Fachstudiums erweitert. Dadurch lernen die Studierenden, das im Fachstudium erworbene Wissen in einem komplexen Zusammenhang einzuordnen und in Relation zu den anderen Wissenschaften zu sehen.</p> <p>Durch die exemplarische Auseinandersetzung mit gesellschaftsrelevanten Fragen erwerben die Studierenden die Kompetenz, diese kritisch zu bewerten, sich eine eigene Meinung zu bilden und diese engagiert zu vertreten. Das dabei erworbene Wissen hilft, Antworten auch auf andere gesellschaftsrelevante Fragestellungen zu finden.</p> <p>Durch die Steigerung der Partizipationsfähigkeit wird die mündige Teilhabe an sozialen, kulturellen und politischen Prozessen der modernen Gesellschaft gefördert.</p> <p><b>studium plus-Trainings:</b></p> <p>Die Studierenden erwerben personale, soziale und methodische Kompetenzen, um als Führungskräfte auch unter komplexen und teils widersprüchlichen Anforderungen handlungsfähig zu bleiben bzw. um ihre Handlungskompetenz wiederzuerlangen.</p> <p>Damit ergänzt das Trainingsangebot die im Rahmen des Studiums erworbenen Fachkenntnisse insofern, als diese fachlichen Kenntnisse von den Studierenden in einen berufspraktischen Kontext eingebettet werden können und Möglichkeiten zur Reflexion des eigenen Handelns angeboten werden.</p>
Inhalt
<p><b>Kurzbeschreibung:</b></p>

Die **Seminare** vermitteln Einblicke in aktuelle Themen und neue Wissensgebiete. Sie finden wöchentlich während an einem - mit der jeweiligen Fakultät vereinbarten - Wochentag in den sog. Blockzeiten oder auch am Wochenende statt, wobei den Studierenden die Wahl frei steht.

Die **Trainings** entsprechen den Trainings für Führungskräfte in modernen Unternehmen und finden immer am Wochenende statt.

### **Langbeschreibung:**

Die **studium plus-Seminare** bieten Lerninhalte, die Horizont- oder Orientierungswissen vermitteln bzw. die Partizipationsfähigkeit steigern. Sämtliche Inhalte sind auf den Erwerb personaler, sozialer oder methodischer Kompetenzen ausgerichtet. Sie bilden die Persönlichkeit und erhöhen die Beschäftigungsfähigkeit.

Bei der Vermittlung von Horizontwissen werden die Studierenden beispielsweise mit den Grundlagen anderer, fachfremder Wissenschaften vertraut gemacht, sie lernen Denkweisen und "Kulturen" der fachfremden Disziplinen kennen. Bei der Vermittlung von Orientierungswissen steigern die Studierenden ihr Reflexionsniveau, indem sie sich exemplarisch mit gesellschaftsrelevanten Themen auseinandersetzen. Bei der Vermittlung von Partizipationswissen steht der Einblick in verschiedene soziale und politische Prozesse im Vordergrund.

Einen detaillierten Überblick bietet das jeweils gültige Seminarangebot von *studium plus*, das von Trimester zu Trimester neu erstellt und den Erfordernissen der künftigen Berufswelt sowie der Interessenslage der Studierenden angepasst wird.

Die **studium plus-Trainings** bieten berufsrelevante und an den Themen der aktuellen Führungskräfteentwicklung von Organisationen und Unternehmen orientierte Lerninhalte.

Einen detaillierten und aktualisierten Überblick bietet das jeweils gültige Trainingsangebot von *studium plus*.

### **Leistungsnachweis**

#### **studium plus-Seminare:**

- In Seminaren werden Notenscheine erworben.
- Die Leistungsnachweise, durch die der Notenschein erworben werden kann, legt der/die Dozent/in in Absprache mit dem Zentralinstitut studium plus vor Beginn des Einschreibeverfahrens für das Seminar fest. Hierbei sind folgende wie auch weitere Formen sowie Mischformen möglich: Klausur, mündliche Prüfung, Hausarbeit, Referat, Projektbericht, Gruppenarbeit, Mitarbeit im Kurs etc. Bei Mischformen erhält der Studierende verbindliche Angaben darüber, mit welchem prozentualen Anteil die jeweilige Teilleistungen gewichtet werden.
- Der Erwerb des Scheins ist an die regelmäßige Anwesenheit im Seminar gekoppelt.
- Bei der während des Einschreibeverfahrens stattfindenden Auswahl der Seminare durch die Studierenden erhalten diese verbindliche Informationen über die Modalitäten des Scheinerwerbs für jedes angebotene Seminar.

#### **studium plus-Trainings:**



- Die Trainings sind unbenotet, die Zuerkennung der ECTS-Leistungspunkte ist aber an die Teilnahme an der gesamten Trainingszeit gekoppelt.

**Verwendbarkeit**

Das Modul ist für sämtliche Masterstudiengänge gleichermaßen geeignet.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 2mal 1 Trimester.

Das Modul findet statt im ersten Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester und im Herbsttrimester.

Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

# Übersicht des Studiengangs: Konten und Module

## Legende:

FT	= Fachtrimester des Moduls
PrFT	= frühestes Trimester, in dem die Modulprüfung erstmals abgelegt werden kann
Nr	= Konto- bzw. Modulnummer
Name	= Konto- bzw. Modulname
M-Verantw.	= Modulverantwortliche/r
ECTS	= Anzahl der Credit-Points

FT	PrFT	Nr	Name	M-Verantw.	ECTS
		<b>7</b>	<b>Pflichtmodule - ME 2018</b>		<b>31</b>
2	2	1372	Optimierung	M. Gerdts	5
1	1	1530	Partielle Differentialgleichungen	T. Apel	5
1	2	1531	Simulation	O. Rose	6
1	1	1532	Stochastik	S. Schäffler	5
2	2	1533	Quantitative Modelle	M. Siegle	5
3	3	1534	Product Lifecycle Management	A. Karcher	5
		<b>8</b>	<b>Wahlpflichtmodule IT-Sicherheit und Kommunikationssysteme - ME 2018</b>		<b>63</b>
3	4	1211	Algorithmen in der Mathematik	C. Greither	9
3	3	1220	Quellencodierung und Kanalcodierung	A. Knopp	5
8	2	1243	Signal- und Informationsverarbeitung	A. Knopp	8
9	2	1244	Kommunikationstechnik II	B. Lankl	5
8	2	1245	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik, Mobilkommunikation	S. Lindenmeier	6
10	3	1289	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	B. Lankl	6
1	3	1634	IT-Sicherheit	G. Dreo Rodosek	9
1	4	1635	Wahlpflichtmodul - IT-Sicherheit & Kommunikationssysteme	B. Lankl	15
		<b>9</b>	<b>Wahlpflichtmodule Mechatronik - ME 2018</b>		<b>54</b>
2	2	1227	Praktikum: Elektrische Maschinen	D. Gerling	5
10	4	1237	Systeme der Leistungselektronik	R. Marquardt	6
8	1	1240	Messtechnik und Sensorik	C. Kargel	5
1	1	1241	Automatisierungstechnik	C. Hillermeier	5
1	3	1242	Antriebsregelung und Aktorik, EMV in der Energietechnik	D. Gerling	8
3	2	1364	Technische Mechanik I und II für ME	A. Lion	10
1	0	1535	Wahlpflichtmodul - Mechatronik	N. N.	15
		<b>10</b>	<b>Wahlpflichtmodule Modellierung und Simulation Bauwesen - ME 2018</b>		<b>59</b>
8	1	1314	Nichtlineare Statik	N. Gebbeken	5
8	4	1333	Strömungssimulation in Labor und Computer	A. Malcherek	5
8	1	1334	Kontinuumsmechanik und Werkstoffmodelle	M. Brünig	5
10	3	1343	Schalentragwerke	N. Gebbeken	5
9	3	1468	Bauen im Einsatz und Sicherheit der baulichen Infrastruktur	N. Gebbeken	5
2	0	1538	Wahlpflichtmodul - Modellierung und Simulation im Bauwesen	M. Brünig	15
8	2	1539	Massivbau Vertiefung	M. Keuser	5
8	2	1540	Stahlbau Vertiefung	A. Taras	5
3	0	1544	Projektarbeit (ME MSB)	N. N.	9

		<b>11</b>	<b>Wahlpflichtmodule Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme - ME 2018</b>		<b>54</b>
4	4	1048	Aerothermodynamik	C. Mundt	5
3	3	1053	Computational Fluid Dynamics	M. Klein	5
1	1	1067	Höhere Technische Mechanik	A. Lion	5
10	3	1089	Strukturmechanik	H. Rapp	5
10	3	1090	Wärme- und Stofftransport	M. Pfitzner	5
0	0	1537	Wahlpflichtmodul - Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme	N. N.	20
11	0	1545	Projektarbeit (ME-MLRTS)	M. Gerdts	9
		<b>12</b>	<b>Master-Arbeit - ME 2018</b>		<b>30</b>
4		1097	Masterarbeit ME	N. N.	30
		<b>99MA</b>	<b>Verpflichtendes Begleitstudium plus</b>		<b>5</b>
0	0	1008	Seminar studium plus, Training *	. Zentralinstitut Studium+	5

# Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen

## Legende:

FT	= Fachtrimester der Veranstaltung
Nr	= Veranstaltungsnummer
Name	= Veranstaltungsname
Art	= Veranstaltungsart
P/Wp	= Pflicht / Wahlpflicht
TWS	= Trimesterwochenstunden

FT	Nr	Name	Art	P/Wp	TWS
	10472	IT-Management	Praktikum	WPf	3
	12112	Ausgewählte mathematische Methoden in Kryptographie und Codierungstheorie	Vorlesung/Übung	WPf	3
1	10101	Ausgewählte Kapitel der IT-Sicherheit	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	10105	System- und Software-Sicherheit	Vorlesung/Übung	WPf	3
1	10671	Höhere Technische Mechanik	Vorlesung	Pf	4
1	10672	Höhere Technische Mechanik	Übung	Pf	2
1	11433	Simulation	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	12031	Technische Mechanik I	Vorlesung	Pf	3
1	12032	Technische Mechanik I	Übung	Pf	2
1	12401	Sensorik und Elektrische Messtechnik	Vorlesung / Übung	Pf	5
1	12411	Automatisierungstechnik	Vorlesung / Übung	Pf	5
1	12421	Antriebsregelung und Aktorik I	Vorlesung / Übung	Pf	2
1	12431	Signalverarbeitung	Vorlesung / Übung	Pf	4
1	12451	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Vorlesung / Übung	Pf	3
1	13141	Nichtlineare Statik	Vorlesung	Pf	2
1	13142	Nichtlineare Statik	Übung	Pf	2
1	13341	Kontinuumsmechanik und Werkstoffmodell	Vorlesung	Pf	4
1	13342	Tensorrechnung	Vorlesung	Pf	1
1	15174	Spezifikation	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	15301	Partielle Differentialgleichungen	Vorlesung / Übung	Pf	6
1	15321	Stochastik	Vorlesung / Übung	Pf	6
2	10104	IT-Forensik	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	10106	Sicherheitsmanagement	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	10107	Sichere vernetzte Anwendungen	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	10321	Quantitative Modelle	Vorlesung/Übung	Pf	5
2	11432	Sicherheit in der Informationstechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	12033	Technische Mechanik II	Vorlesung	Pf	3
2	12034	Technische Mechanik II	Übung	Pf	2
2	12271	Praktikum Elektrische Maschinen	Praktikum	WPf	5
2	12422	Antriebsregelung und Aktorik II	Vorlesung / Übung	Pf	4
2	12432	Informationsverarbeitung	Vorlesung / Übung	Pf	4
2	12441	Kommunikationstechnik II	Vorlesung / Übung	Pf	5
2	12452	Mobilkommunikation	Vorlesung / Übung	Pf	3
2	13723	Optimierung	Vorlesung	Pf	4
2	13724	Optimierung	Übung	Pf	2

2	14681	Bauen im Einsatz	Vorlesung	Pf	2
2	15172	Methoden und Werkzeuge	Vorlesung/Übung	WPf	5
2	15312	Praktikum Modellbildung und Simulation (klein)	Praktikum	Pf	2
2	15391	Hoch- und Industriebau	Vorlesung	Pf	2
2	15392	Spannbetonbau	Vorlesung	Pf	2
2	15393	Spannbetonbau	Übung	Pf	2
2	15401	Ingenieurholzbau	Vorlesung	Pf	2
2	15402	Stahl- und Verbundkonstruktionen	Vorlesung	Pf	2
2	15403	Stahl- und Verbundkonstruktionen	Übung	Pf	2
2	16351	Embedded Systems	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	10103	Praktikum Netzsicherheit	Praktikum	Pf	3
3	10471	IT-Governance	Vorlesung/Übung	WPf	5
3	10531	Computational Fluid Dynamics (CFD)	Vorlesung	Pf	2
3	10532	Computational Fluid Dynamics (CFD)	Übung	Pf	2
3	10891	Strukturdynamik	Vorlesung/Übung	Pf	4
3	10901	Wärme- und Stofftransport	Vorlesung	Pf	3
3	10902	Wärme- und Stofftransport	Übung	Pf	2
3	11681	Integrierte Anwendungssysteme im Product Lifecycle Management	Vorlesung	Pf	3
3	11682	Integrierte Anwendungssysteme im Product Lifecycle Management	Übung	Pf	2
3	12111	Algorithmische Zahlentheorie	Vorlesung/Übung	WPf	5
3	12113	Quantencomputer	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	12201	Quellencodierung und Kanalcodierung	Vorlesung / Übung	WPf	5
3	12371	Systeme der Leistungselektronik I	Vorlesung / Übung	Pf	3
3	12423	EMV in der Energietechnik	Vorlesung / Übung	Pf	2
3	12532	Übertragungssicherheit	Vorlesung / Übung	Pf	3
3	13431	Mechanik der Schalentragwerke	Vorlesung	Pf	2
3	13432	Mechanik der Schalentragwerke	Übung	Pf	2
3	13433	Variationsrechnung	Vorlesung	Pf	2
3	13811	Nachrichten- und Informationstheorie	Vorlesung / Übung	WPf	3
3	14682	Sicherheit der baulichen kritischen Infrastruktur für Bund und Bundeswehr	Vorlesung	Pf	2
4	10481	Aerothermodynamik	Vorlesung/Übung	Pf	4
4	12372	Systeme der Leistungselektronik II	Vorlesung / Übung	Pf	3
4	13331	Großes Laborpraktikum Hydromechanik	Praktikum	Pf	2
4	13332	Numerische Methoden der Strömungsmechanik	Vorlesung	Pf	2
4	15171	Entwurf Verteilter Systeme	Vorlesung/Übung	WPf	5

