

**Modulhandbuch des Studiengangs**

**Computer Aided Engineering  
(Master of Engineering)**

**an der  
Universität der Bundeswehr München**

**(Version 2023)**

Stand: 31. März 2023

# Inhaltsverzeichnis

## **Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2023**

1420	Höhere Mathematik.....	6
1421	Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung.....	8

## **Rechnergestützte Produktentstehung - CAE 2023**

### **Rechnergestützte Produktentstehung: PFL-Module - CAE 2023**

1422	CAX- Technologien.....	10
------	------------------------	----

### **Rechnergestützte Produktentstehung: Aufbau-Module - CAE 2023**

1423	Methoden in der Produktentwicklung.....	14
3489	Entwicklungsmanagement.....	17

## **Computational Engineering - CAE 2023**

### **Computational Engineering: PFL-Module - CAE 2023**

1426	Strukturberechnung I.....	19
3692	Numerische Strömungsberechnung.....	22

### **Computational Engineering: Aufbau-Module - CAE 2023**

1425	Materialmodelle und Numerik.....	25
1427	Strukturberechnung II.....	27

## **Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2023**

### **Simulations- und Versuchstechnik: PFL-Module - CAE 2023**

1429	Experimentaltechnik.....	30
1432	Prozesssimulation.....	32

### **Simulations- und Versuchstechnik: Aufbau-Module - CAE 2023**

1430	Digitale Signalverarbeitung.....	35
1431	Fahrzeugdynamik.....	37

## **Electronic Design Automation - CAE 2023**

### **Electronic Design Automation: PFL-Module - CAE 2023**

3658	Electronic Design Automation I.....	40
3659	Electronic Design Automation II.....	43

### **Electronic Design Automation: Aufbau-Module - CAE 2023**

5536	System on Chip Entwurf.....	45
(FH)		
6059	Integrierte Schaltungen.....	47

## **Wireless Communications - CAE 2023**

### **Wireless Communications: PFL-Module CAE 2023**

1438	Kanal- und Quellencodierung.....	49
------	----------------------------------	----

3660	Funkübertragungssysteme.....	51
<b>Wireless Communications: Aufbau-Module - CAE 2023</b>		
1436	Transmission Techniques for Wireless Channels.....	53
3916	Adaptive Übertragung und Signalverarbeitung.....	55
<b>Autonome Intelligente Systeme - CAE 2023</b>		
<b>Autonome Intelligente Systeme: PFL-Module - CAE 2023</b>		
3661	Kognitive Systeme.....	58
3662	Robotersysteme.....	60
<b>Autonome Intelligente Systeme: Aufbau-Module - CAE 2023</b>		
3693	Robotik-Praxis.....	62
3694	Algorithmische Geometrie.....	64
3696	Deep Learning.....	66
<b>Wahlpflichtmodule - CAE 2023</b>		
1048	Aerothermodynamik.....	68
1053	Computational Fluid Dynamics.....	70
1054	Dynamik und Regelung von Satelliten.....	72
1065	FVW- Strukturen.....	74
1066	Gasdynamik.....	76
1068	Leichtbaustrukturen.....	78
1072	Messmethoden in der Strömungsmechanik.....	80
1075	Moderne Methoden der Regelungstechnik.....	82
1076	Moderne Strukturwerkstoffe.....	84
1077	Nichtgleichgewichts -Thermodynamik.....	86
1078	Numerische Mathematik.....	88
1080	Prozessrechentechnik.....	90
1081	Raumfahrtantriebe.....	92
1082	Regelungstechnik.....	94
1086	Satellitensysteme.....	96
1087	Sensortechnik.....	98
1088	Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen.....	100
1089	Strukturdynamik.....	102
1090	Wärme- und Stofftransport.....	104
1091	Weltraumphysik.....	106
1109	Algorithmen und Datenstrukturen in C++.....	108
1154	Einführung in die Klebtechnik.....	109
1160	Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik.....	111
1170	Projektmanagement CAE.....	114
1171	Prozessmanagement und Engineering Standards.....	116
1191	Maschinendynamik.....	118
1290	Antennentechnik und EMV in der Kommunikationstechnik.....	120

1389	Rechnergestützte Layoutverfahren.....	123
1410	Verteilte Internetanwendungen.....	125
1411	Simulation technischer Prozesse.....	127
1423	Methoden in der Produktentwicklung.....	129
1430	Digitale Signalverarbeitung.....	132
1444	Studienarbeit.....	134
1445	Graphische Benutzeroberflächen.....	136
1447	Ballistik.....	137
1448	Schiffsmodellversuchswesen.....	139
1449	Schwingbruchgefährdete Bauteile sicher dimensionieren und betreiben.....	142
1452	Praktikum Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen.....	145
1458	Rechnernetze.....	146
1459	Netz- und Systemmanagement.....	148
1460	Mobile Kommunikationssysteme.....	150
1466	Schadenskunde.....	152
1494	Prozesssimulation.....	154
1495	Praxis der Kraftfahrzeugaerodynamik.....	156
1509	Wirksystemtechnologien.....	158
1527	Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden.....	160
1529	Simulation.....	162
1638	Digitale Forensik.....	164
1639	Datenschutz.....	166
1640	Identitätsmanagement.....	168
1641	Schutz von kritischen Infrastrukturen.....	170
1779	Elektronische Displays.....	171
2800	Erweiterte Konzepte des Deep Learning.....	173
2802	Entwicklung eines verbrennungsmotorbasierten Antriebskonzeptes für Personenkraftfahrzeuge.....	175
3503	Festigkeitsauslegung mit FEM.....	177
3685	Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich.....	179
3783	Rechnergestützte Ergonomiesimulation mit Ramsis.....	181
3819	Reverse Engineering.....	183
3838	Statische Programmanalyse.....	185
3849	Dynamische Programmanalyse.....	187
3932	Technisches Fachenglisch 2 für CAE.....	189
5523	Offensive Sicherheitsüberprüfungen.....	191

#### **Masterarbeit - CAE 2023**

1443	Masterarbeit.....	193
------	-------------------	-----

#### **Verpflichtendes Begleitstudium plus**

1008	Seminar studium plus, Training.....	195
------	-------------------------------------	-----

<b>Übersicht des Studiengangs: Konten und Module.....</b>	<b>198</b>
<b>Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen.....</b>	<b>201</b>
<b>Epilog.....</b>	<b>205</b>

Modulname	Modulnummer
Höhere Mathematik	1420

Konto	Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2023
-------	-------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. Thomas Sturm	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
210	120	90	7

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14201	VL	Angewandte Mathematik für das Engineering	Pflicht	3
14202	UE	Angewandte Mathematik für das Engineering	Pflicht	1
14203	VL	Fortgeschrittene mathematische Methoden	Pflicht	3
14204	UE	Fortgeschrittene mathematische Methoden	Pflicht	1
14205	VL	Stochastik	Pflicht	1
14206	UE	Stochastik	Pflicht	1
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>10</b>

## Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der komplexen Zahlen, der Linearen Algebra und der Differential- und Integralrechnung von einer und mehreren Variablen.

## Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben fortgeschrittene Kenntnisse ingenieurmathematischer Methoden, insbesondere auf den Gebieten der Integraltransformationen und der gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen, die sie zur mathematischen Modellierung technischer Probleme sowie zur Anwendung geeigneter Lösungsverfahren befähigen.

## Inhalt

Im Modulteil "Fortgeschrittene mathematische Methoden" erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse auf dem Gebiet der Folgen, Reihen und Integraltransformationen:

- Sie erhalten eine grundlegende und vertiefte Einführung in die Folgen und Reihen.
- Die Studierenden werden mit Potenzreihen und ihrer Anwendung bekannt gemacht.
- Sie lernen Fourierreihen vertieft kennen.
- Die Studierenden werden mit Fouriertransformationen und Laplacetransformationen bekannt gemacht.

Im Modulteil "Angewandte Mathematik für das Engineering" werden die Kenntnisse der Studierenden auf dem Gebiet der Differentialgleichungen vertieft:

- Sie erhalten eine umfassende Darstellung gewöhnlicher Differentialgleichung.
- Die Studierenden werden mit Differentialgleichungssystemen vertieft vertraut gemacht.
- Sie lernen in exemplarischer Weise ausgewählte partielle Differentialgleichungen kennen.
- Die Studierenden werden in numerische Lösungsverfahren für Differentialgleichungssysteme eingeführt.

Im Modulteil "Stochastik" erwerben die Studierenden Kenntnisse auf dem Gebiet der Stochastik:

- Sie erhalten eine vertiefte Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie.
- Die Studierenden lernen in exemplarischer Weise Methoden der Statistik kennen.

**Leistungsnachweis**

sP-120

**Verwendbarkeit**

Die meisten Module der ingenieurwissenschaftlichen Vertiefungen erfordern Grundlagenkenntnisse aus diesem Modul.

**Dauer und Häufigkeit**

- 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>Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung</b>	1421

Konto	Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2023
-------	-------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Jörg Böttcher	Pflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14211	VL	Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung	Pflicht	3
14212	P	Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse in der Messtechnik</li> <li>• Basis-Kompetenzen in der höheren Mathematik</li> <li>• Grundkenntnisse im Programmieren (unabhängig von der konkreten Programmiersprache)</li> </ul> Obige Voraussetzungen werden typischerweise in den entsprechenden Einführungsvorlesungen in technischen Bachelor-Studiengängen vermittelt.

Qualifikationsziele
Die Studierenden gewinnen grundlegendes theoretisches Wissen und praktische Kompetenzen für die in nahezu allen technischen Systemen enthaltenen Aufgaben der Messdatenerfassung, -übertragung, -verarbeitung und -visualisierung. Sie lernen, die relevanten Hardware-, Software- und Vernetzungsaspekte bei der Planung von Systemen zum Computer-basierten Umgang mit Messdaten zu berücksichtigen und darauf aufbauend entsprechende Systemlösungen zu entwickeln. Weiterhin erwerben sie grundlegende Kenntnisse zu üblichen Verfahren, Messdaten mit Software-Tools zu visualisieren und zu verarbeiten.

Inhalt
Die Studierenden erwerben zunächst umfassende Kenntnisse über nachfolgende Aspekte der computergestützten Messdatenerfassung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messdaten erfassen, übertragen und verarbeiten</li> <li>• Messwertdigitalisierung</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog-Digital-Umsetzer (ADU)</li> <li>• ADU-Kennlinien-Fehler</li> <li>• dynamische ADU-Fehler, S/H-Glied</li> <li>• Abtastung, Abtast-Theorem</li> <li>• Messdatenerfassungshardware und Bussysteme</li> </ul> <p>Im Weiteren erhalten sie Methodenkompetenz zu wichtigen Verfahren der computergestützten Messdatenauswertung in folgenden Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Statistische Messdatenauswertung</li> <li>• Interpolationen und Regressionen</li> <li>• Numerisches Integrieren und Differenzieren</li> <li>• Digitale Filter</li> <li>• Korrelationsfunktionen</li> <li>• Spektralanalyse</li> <li>• Bildverarbeitende Auswerteverfahren</li> </ul> <p>Außerdem werden sie an die fachliche Arbeit mit entsprechenden Softwaretools herangeführt, wozu exemplarisch im Rahmen des Praktikums eine mit LabVIEW zu lösende Aufgabenstellung an einem PC-basierten Messaufbau gemeinsam bearbeitet wird.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
sP-90
<b>Verwendbarkeit</b>
Die meisten Module der ingenieurwissenschaftlichen Vertiefungen im 2. und 3. Trimester erfordern Grundlagenkenntnisse aus diesem Modul.
<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
CAx- Technologien	1422

Konto	Rechnergestützte Produktentstehung: PFL-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Vesna Nedeljkovic-Groha	Pflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
300	108	192	10

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14221	VL	CAD/Rechnerintegrierte Produktion	Pflicht	3
14222	VL	Integrierte Produktionsplanung	Pflicht	3
14223	VL	Rapid Prototyping	Pflicht	2
14224	P	CAx-Praktikum	Pflicht	1
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>9</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Das Modul baut auf den in einem Bachelor-Studium gewonnenen Kenntnissen aus den Bereichen CAD, Fertigungsverfahren und Automation auf.

Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden vertiefen vorhandene Kenntnisse im Bereich 3D-CAD-Modellierung. Sie erwerben die Fähigkeit ausgewählte Methoden der parametrischen 3D Flächenmodellierung zielgerichtet anzuwenden und eigenständig Konstruktionsaufgaben zu lösen.</li> <li>Die Studierenden erhalten vertiefte Kenntnisse über die organisatorischen und informationstechnischen Grundlagen einer effizienten und effektiven Entwicklung von Produkten und Prozessen und können diese anwenden, um den Prozess der technischen Auftragsabwicklung zu analysieren und zu gestalten.</li> <li>Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die einzelnen rechnergestützten Hilfsmittel der technischen Auftragsabwicklung, insbesondere in der Produktionsplanung, erfolgreich anzuwenden und weiterzuentwickeln.</li> <li>Die Studierenden erhalten vertiefte Kenntnisse in Theorie und Praxis über die innovativen Möglichkeiten zur Herstellung von physischen Prototypen, von Werkzeugen für Prototypen-Serien und Vorserien sowie von Serienteilen mit Hilfe der additiven Fertigungsverfahren. Sie können das erworbene Wissen selbstständig auf neue Fragestellungen bei der Produkt- und Prozessentwicklung anwenden und dabei die konventionellen Methoden kritisch hinterfragen.</li> </ul>

Inhalt
1. CAD/Rechnerintegrierte Produktion
1.1 CAD (SÜ)

Die Studierenden erwerben umfassende Kenntnisse in der Anwendung parametrischer 3D-Flächenmodellierung mit einem aktuellen CAD-System in Theorie und Praxis.

Anhand eines konkreten Anwendungsbeispiels wenden die Studierenden die erlernten Methoden in Einzel- und Gruppenarbeit an und erstellen schrittweise eigene 3D-Modelle, welche zum Abschluss der Veranstaltung mit Methoden der additiven Fertigung in physische Bauteile umgesetzt werden.

Die erworbenen Fähigkeiten dienen auch als Vorbereitung für das CAx-Praktikum.

## 1.2 Rechnerintegrierte Produktion

Die Studierenden werden mit der Strategie der rechnerintegrierten Produktion bekannt gemacht und erhalten eine grundlegende Einführung in verschiedene rechnergestützte Werkzeuge entlang der Auftragsabwicklung und deren Integration:

- Systeme zur Steuerung, Koordination und Überwachung von Produktionsabläufen (CAM)
- Systeme zur Produkt- und Prozessdatenverarbeitung (CAD, CAE, PDM, CAP)
- Systeme zur Auftragsdatenverarbeitung (ERP/PPS, Simulation, SCM, unternehmensübergreifende Auftragsabwicklung)

Abschließend lernen die Studierenden die systematische Vorgehensweise zur Einführung der rechnerintegrierten Produktion kennen.

## 2. Integrierte Produktionsplanung

Das im Modulteil 1 erworbene Wissen wird in folgenden Bereichen vertieft:

- PPS-Systeme (Daten, Funktionen, Verfahren der Fertigungssteuerung, Einführung)
- Systeme zur Arbeitsplanung (Arbeits-/Prüfplanerstellung, Programmierung, Simulation)
- Systeme zur Fabrikplanung (Layoutplanung, Arbeitsplatzgestaltung, digitale Fabrik)
- Systeme zur Produktionslogistik/Materialflusssimulation

In Übungen und Gruppenarbeit werden die erlernten Methoden durch Bearbeitung von praxisorientierten Aufgabenstellungen angewandt und verfestigt.

## 3. Rapid Prototyping

Dieses Modul vermittelt Kompetenzen auf dem Gebiet der additiven Fertigung.

Hierzu lernen die Studierenden die Grundlagen der additiven Fertigungsverfahren als Basis zum Erwerben der Methodenkompetenz in Anwendung verschiedener

kommerzialisierter und momentan in der Entwicklung befindlicher additiver Fertigungsverfahren. Sie lernen deren Vor- und Nachteile kennen und werden in exemplarischer Weise in Fragestellungen von

- Rapid Prototyping (Anforderungen, Einsatz in der Produktentwicklung, Konstruieren für additive Fertigung)
- Rapid Tooling (Rapid Tooling in der Produkt- und Prozessentwicklung, verschiedene kommerzialisierte und momentan in der Entwicklung befindliche Verfahren des Rapid Tooling und deren Vor- und Nachteile) sowie
- Rapid Manufacturing

eingeführt. Die Studierenden werden mit den wirtschaftlichen Aspekten der Anwendung von additiven Fertigungsverfahren bekannt gemacht.

#### 4. CAx-Praktikum

Die Inhalte der drei Vorlesungen werden in Gruppenarbeit anhand der praktischen Beispiele angewandt und vertieft zur Steigerung der Methodenkompetenz und der Vertrautheit mit der fachwissenschaftlichen Denkweise bei der Lösung von folgenden exemplarischen Problemstellungen:

- Fertigungssteuerung (Planspiel)
- Rechnergestützte Erstellung von NC-Programmen zur Herstellung eines Werkstücks als Frästeil
- Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Fertigung der Teile mit additiven Fertigungsverfahren, Beurteilung der Verwendungsmöglichkeiten als Modell zur Unterstützung der Produktentwicklung bzw. als Serienteil
- Simulation der Produktion

#### Leistungsnachweis

sP-120

Midterm-Leistungsnachweise, die zusätzlich zur schriftlichen Prüfung möglich sind:

- Referat im 1. Trimester des Moduls (die Bewertung wird in Punkte umgerechnet, maximal erreichbare Punktzahl beträgt 10% der maximalen Punktzahl der schriftlichen Prüfung)
- Praktikumsbericht im 2. Trimester des Moduls (die Bewertung wird in Punkte umgerechnet, maximal erreichbare Punktzahl beträgt 5% der maximalen Punktzahl der schriftlichen Prüfung)

#### Verwendbarkeit

Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Rechnergestützte Produktentstehung.

Kenntnisse aus diesem Modul sind verwendbar in Modulen Methoden in der Produktentwicklung sowie Entwicklungsmanagement.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Methoden in der Produktentwicklung</b>	1423

Konto	Rechnergestützte Produktentstehung: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Alexander Koch	Pflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14231	VL	Methoden in der Produktentwicklung	Pflicht	4
14232	UE	Methoden in der Produktentwicklung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Qualifikationsziele
<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <p>Die Studierenden des Studiengangs werden sich im Verlauf ihres Studiums oder in ihrem weiteren Werdegang mit ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen auseinandersetzen. Grund dessen werden in dem Modul grundlegende Kenntnisse über Entwicklungsmethodiken vermittelt, die es ermöglichen komplexe Systemgestaltungen vorzunehmen.</p> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <p>Dabei ist es zentraler Inhalt des Moduls, Kenntnisse über geeignete Methoden, Hilfsmittel und Werkzeuge zur Lösungsfindung bereit zu stellen, welche anhand praxisnaher Beispiele angewendet werden. Dabei lernen die Kursteilnehmenden, technische Fragestellungen systematisch zu analysieren und strukturiert zu lösen. Zudem soll ein Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten der Rechnerunterstützung in der Produktentwicklung gegeben und deren Grenzen aufgezeigt werden.</p> <p><b>Sozialkompetenz:</b></p> <p>Durch die Darlegung der vielschichtigen Abhängigkeiten in der Mechatronikentwicklung (Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik etc.) wird den Studierenden ein tiefergehendes Verständnis für die verschiedenen, beteiligten Domänen gegeben und die Notwendigkeit des Findens einer gemeinsamen Sprache aufgezeigt. Zudem werden im Zusammenhang mit den Themen Co-Creation und Design Thinking gezielt Lösungswege auch von</p>

sozialrelevanten Fragestellungen aufgezeigt und die Verantwortung des Entwicklers für die gesellschaftlichen Konsequenzen, die sich aus der Gestaltung technischer Systeme ergeben, betont.

#### Selbstkompetenz:

Hierüber werden die Kursteilnehmenden in die Lage versetzt, komplexe Problemstellungen, die über die Modulhalte hinausgehen (z.B. im Rahmen einer Studienarbeit), zu erfassen und methodisch-strukturiert einer Lösung zuzuführen. Dabei liegt der Fokus auf dem Erlernen einer methodischen, zielgerichteten Arbeitsweise zur Entwicklung technischer Systeme.

#### Inhalt

##### Allgemeine Betrachtung

- Motivation; Bedeutung und Aufgabenfelder der Produktentwicklung
- Einordnung der Produktentwicklung in Markt/Unternehmen/Gesellschaft
- Systemtheoretische Ansätze zur Beschreibung technischer Systeme
- Integrierte Produktentwicklung

##### Prozessgestaltung

- Strukturierung von Entwicklungsprozessen: operative und strategische Vorgehensmodelle
- Prozessgestaltung für interdisziplinäre Entwicklungsaufgaben
- Darstellung der Phasen und Beschreibung der typischen Handlungen im Produktentwicklungsprozess an einem Beispiel

##### Methodenunterstützung in der Produktentwicklung

- Strukturierung der Methoden auf Basis des Problemlösungszyklus
- Darstellung von methodischem Vorgehen für Synthese, Analyse und Bewertung von technischen Lösungen
- Aspekte und Bedeutung von DfX als Möglichkeit zum Wissensmanagement in der Entwicklung
- Vorgehensweise und Methoden zum Variantenmanagement

##### Rechnerunterstützung in der Produktentwicklung

- Produktdatenmanagement: Methoden zur Aufbereitung und der Daten- und Informationsflüsse im Entwicklungsprozess
- CAx-Werkzeugen zur Methodenunterstützung; Einordnung der CAx-Werkzeuge in den Produktentwicklungsprozess

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Gote H.: Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. 8. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2013.</li><li>• Ehrenspiel K.: Integrierte Produktentwicklung Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 5. Auflage. Hanser Fachbuchverlag, 2013.</li><li>• Lehner F.: Wissensmanagement. Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. 5. Auflage. Hanser Fachbuchverlag, 2014.</li><li>• Eigner M., Stelzer R.: Produktdatenmanagement-Systeme: Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management. 2. Auflage. Berlin: Springer Verlag, 2009.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung mit 90 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung mit 30 Minuten Dauer am Ende des Herbsttrimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.</p> <p>Für die Prüfung darf eine einseitig selbstständig handbeschriebene DIN A4-Seite zur Unterstützung verwendet werden.</p> <p>Die zweite Wiederholungsprüfung kann seitens des Dozenten als mündliche Prüfung (Dauer: 30 Minuten) abgehalten werden.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<p>Das Modul Methoden der Produktentwicklung stellt die Grundlagen für ein strukturiertes Herangehen zur Lösung von komplexen Entwicklungsaufgaben sowohl für konstruktive Tätigkeiten während des Studiums als auch für spätere Einsatzgebiete in den verschiedenen Bereichen der Produktentwicklung. Kenntnisse aus diesem Modul sind verwendbar in den Modulen Rechnerintegrierte Produktion und Integrierte Produktionsplanung, sowie Verzahnung der Inhalte mit der Vorlesung Produkt- und Innovationsmanagement für ein übergreifendes Verständnis der Produktentwicklung.</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.</p>



Modulname	Modulnummer
<b>Entwicklungsmanagement</b>	3489

Konto	Rechnergestützte Produktentstehung: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Alexander Koch	Wahlmodul	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
34891	VL	Entwicklungsmanagement	Pflicht	4
34892	UE	Entwicklungsmanagement	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Qualifikationsziele
<p>Viele Studierende des Studiengangs werden im Verlauf ihrer Karriere Projektleiter oder Manager in der Produktentwicklung oder der Forschung. Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die spezifischen Herausforderungen und Aufgaben im Entwicklungsmanagement zu benennen und derart anzuwenden, dass sie Projekte und Organisationsbereiche erfolgreich leiten können,</li> <li>• die unterschiedlichen Tätigkeiten im Innovations- und Technologiemanagement sowie im Systems Engineering anzuwenden, diese für unterschiedliche Organisationsformen zu interpretieren und entsprechend der gesellschaftlichen und marktwirtschaftlichen Situation zu bewerten,</li> <li>• ein breites Methodenspektrum anzuwenden, um Situationen im Entwicklungsmanagement einschätzen und adäquat agieren zu können und</li> <li>• auf Basis des Erlernten neue Erfahrungen und Wissen aus der Praxis einzuordnen.</li> </ul>
Inhalt
<p><b>Vorlesungsinhalte</b></p> <p>Motivation und Einführung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einordnung des Entwicklungsmanagement in Unternehmensaktivitäten</li> <li>• Notwendigkeit des Entwicklungsmanagements</li> <li>• Analyse der Randbedingungen aus Markt und Gesellschaft</li> </ul> <p>Betrachtungen zum Innovations- und Technologiemanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhalte, Herausforderung und Methoden zum Technologiemanagement, Innovationsmanagement und Variantenmanagement zur strategischen und operativen Gestaltung des Produktportfolios</li> <li>• Typische Probleme und methodische Unterstützung zur Entscheidungsfindung</li> </ul>

<p><b>Betrachtungen zum Systems Engineering</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Notwendigkeit des Systems Engineering</li><li>• Überlegungen zur Gestaltung von Entwicklungsprozessen sowie assoziierter Prozesse zum Anforderungsmanagement, Variantenmanagement, Änderungsmanagement und Freigabeprozesse</li><li>• Abbildung, Analyse und Optimierung von Entwicklungsprozessen</li><li>• Inhalte, Notwendigkeit und Methoden zum Wissensmanagement, Umgang mit kritischen Situationen und Controlling von Entwicklungsprozessen</li></ul> <p><b>Übungsinhalte</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Diskussion der in der Vorlesung erarbeiteten Inhalte anhand von Fallbeispielen</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Modul <i>Entwicklungsmanagement</i> ergänzt die Lehrveranstaltung Methoden der Produktentwicklung um die organisatorische Sicht auf Produktentwicklungsprozesse und deren Einordnung in den Unternehmenskontext.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Strukturberechnung I</b>	1426

Konto	Computational Engineering: PFL-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Ralf Späth	Pflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14261	VL	Grundlagen der FEM	Pflicht	2
14262	P	FEM-Praktikum	Pflicht	2
14263	UE	Grundlagen der FEM - Übung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die Module „Höhere Mathematik“ sowie gute Kenntnisse der Werkstoffkunde, der Technischen Mechanik/Festigkeitslehre und des Leichtbaus.

#### Qualifikationsziele

- Fachkompetenz zur Erstellung eines FE-Modells basierend auf den geforderten Zielsetzungen für lineare-elastostatische und elastodynamische Aufgabenstellungen
- Verständnis für den richtigen Einsatz der diversen Elementtypen
- Methodenkompetenz zur Optimierung von automatisch generierten FE-Netzen entsprechend der Aufgabenstellung. Kenntnisse der Kriterien für die Beurteilung der Netzqualität
- Fähigkeit in der Beurteilung der FEM-Ergebnisse (Fehler- und Konvergenzanalysen)
- Selbstkompetenz: Sensibilisierung für typische Fehler bei Anwendung von FEM-Programmen

#### Inhalt

##### **Vorlesung „Grundlagen der FEM“**

Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Theorie und die praktische Vorgehensweise für die lineare Finite-Elemente-Methode (FEM). Die FEM wird für strukturmehchanische - sowohl statische als auch dynamische - Aufgabenstellungen angewendet.

Das Modul gliedert sich wie folgt:

- Grundgleichungen der FEM bzgl. linearer Elastostatik und Elastodynamik (Struktur- und Kontinuumsmechanik)

- Verschiebungsgrößen-Methode, Element- und Gesamtsteifigkeitsmatrix
- Kriterien für die Modellbildung/Diskretisierung. Voraussetzungen für eine lineare FE-Modellierung
- Eigenschaften, Steifigkeitsmatrix, Konvergenzverhalten und Einsatzbedingungen für ein- zwei- und dreidimensionale Elemente zur Lösung von elastostatischen und elastodynamischen Problemen (Stab-, Balken-, Platten-, Schalen- und Volumenelemente).
- Genauigkeit von linearen, quadratischen und höherwertigen Elementen
- Randbedingungen: Einspannungen, Lasteinleitung sowie Symmetrierandbedingungen
- Integratives Konzept im Entwicklungsprozess (CAD + FEM + MKS). Modifikation und Vereinfachung von CAD-Geometriedaten
- Betriebsfestigkeitsauslegung mittels FEM
- Ähnlichkeitsmechanik

### „FEM-Praktikum“

- Modellierung und Simulation/Berechnung von praktischen Anwendungsbeispielen unter Verwendung des Programms „Altair Hypermesh“
- Kriterien für die Beurteilung eines FE-Netzes. Verifikation von FE-Ergebnissen
- Finden von typischen Fehlern in FEM-Modellen
- Einsatzgebiete von kommerziellen Softwaresystemen für das Pre- und Postprocessing sowie des Solvers.

### Literatur

Klein, B.: FEM, Grundlagen und Anwendungen der Finite-Elemente-Methode; Vieweg-Verlag

Deger, Y.: Die Methode der Finiten Elemente, Grundlagen und Einsatz in der Praxis; Expert-Verlag

Silber, G.; Steinwender, F.: Bauteilberechnung und Optimierung mit der FEM - Materialtheorie, Anwendungen, Beispiele; Teubner-Verlag

Stelzmann, U., u. a.: FEM für Praktiker - Band 2: Strukturmechanik; Expert-Verlag

Thieme, D.: Einführung in die Finite Elemente Methode; Shaker-Verlag

<b>Leistungsnachweis</b>
sP-120  Die zweite Wiederholungsprüfung kann seitens des Dozenten als mündliche Prüfung (Dauer: 30 Minuten) abgehalten werden.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Voraussetzung für das Modul „Strukturberechnung II“</li><li>• Anwendung der FEM-Methode zur Lösung von linearen strukturmechanischen Aufgabenstellungen wie sie beispielsweise im Leichtbau auftreten.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester und wird im Herbsttrimester angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.

Modulname	Modulnummer
<b>Numerische Strömungsberechnung</b>	3692

Konto	Computational Engineering: PFL-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Stefan Lecheler	Pflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36921	VL	Numerische Strömungsberechnung	Pflicht	2
36922	UE	Numerische Strömungsberechnung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Die Studierenden benötigen Kenntnisse aus der Ingenieurmathematik, der Strömungsmechanik, der Thermodynamik und der Wärmeübertragung.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden können kommerzielle Strömungsberechnungsprogramme bei praktischen Aufgabenstellungen richtig bedienen, Rechnungen effizient durchführen und die Ergebnisse validieren und bewerten. Zudem gewinnen sie ein Verständnis für die grundlegenden mathematischen Erhaltungsgleichungen und deren numerische Lösung bei der Strömungsberechnung.

Instrumentelle Kompetenz:

- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die Begriffe, Grundgleichungen, Lösungsverfahren und typischen Abläufe der numerischen Strömungsberechnung erklären zu können. Sie können kommerzielle Strömungsberechnungsprogramme bedienen, die Ergebnisse bewerten und Hinweise für eine aerodynamische Optimierung des Bauteils aufzeigen.

Systematische Kompetenz:

- Die Studierenden können die erlernten Fähigkeiten auch auf andere Strömungsberechnungsprogramme und aerodynamisch zu optimierende Bauteile anwenden.

Kommunikative Kompetenz:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können die Zusammenhänge der numerischen Strömungsberechnung fachgerecht erklären und gegenüber Laien und fachlich vertrauten Gesprächspartnern kompetent vertreten.</li> </ul>
<b>Inhalt</b>
<p>Numerische Strömungsberechnung Vorlesung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erlangen Kenntnisse in den theoretischen Grundlagen. Sowohl die Erhaltungsgleichungen der Strömungsmechanik und ihre Vereinfachungsmöglichkeiten werden behandelt als auch die Diskretisierungsmethoden für die numerische Berechnung auf dem Computer. Des Weiteren lernen sie typische Rechnetzenarten und Lösungsverfahren kennen.</li> </ul> <p>Numerische Strömungsberechnung Übungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erfahren praktische Hinweise über den typischen Ablauf einer numerischen Strömungsberechnung wie die Aufbereitung der Eingabedaten, die Bedienung der Programme und die Auswertung der Ergebnisse.</li> <li>• Sie lernen, wie sie selbst unter Anleitung numerische Strömungsberechnungen am Rechner mit einem kommerziellen Strömungsberechnungsprogramm durchführen können. Behandelt werden eine Tragflügelumströmung, eine Rohrströmung, ein Wärmedurchgang und eine Validierung (Vergleich mit anderen Ergebnissen).</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<p>Anderson J.D.: Computational Fluid Dynamics, McGraw-Hill</p> <p>Hirsch C.: Numerical Computation of internal and external Flows, John Wiley &amp; Sons</p> <p>Lecheler S.: Numerische Strömungsberechnung, Springer-Verlag</p> <p>Oertel H., Laurien E.: Numerische Strömungsmechanik, Vieweg &amp; Teubner-Verlag</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>sP-90</p> <p>Midterm-Leistungsnachweis (wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben)</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<p>Für praktische Strömungs- und Wärmeübertragungsberechnungen im Rahmen von Projekten und Masterarbeiten.</p>

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert ein Trimester und wird im Wintertrimester angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.



Modulname	Modulnummer
<b>Materialmodelle und Numerik</b>	1425

Konto	Computational Engineering: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Johlitz	Pflicht	2

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13561	VÜ	Experimentelle Mechanik und Materialmodellierung	Pflicht	3
14252	P	Computernumerik	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Grundlagen der Technischen Mechanik und Freude am experimentellen Arbeiten.
Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden erlernen die wichtigsten Grundlagen der experimentellen Mechanik und der Materialmodellierung. Hierzu gehören auf der experimentellen Seite das selbstständige Einrichten, Durchführen und Auswerten von diversen Experimenten zur Materialcharakterisierung. Auf der theoretischen Seite werden sie mit den Methoden der Materialmodellierung sowie der Umsetzung dieser Gleichungen im Rahmen moderner Simulations-Software vertraut gemacht. Das Verbindungsglied zwischen Theorie und Praxis bildet die Parameteridentifikation. Diese Lehrveranstaltung bildet die Grundlage für Masterarbeiten auf dem Gebiet der experimentellen Mechanik und Materialmodellierung und ist eine gute Vorbereitung der angehenden Ingenieurinnen und Ingenieure auf das Berufsleben in großen industriellen Einrichtungen.</p> <p>Im Fach Computernumerik werden numerische Lösungen von Standardproblemen mit der leicht zu erlernenden Programmiersprache Python umgesetzt. Neben einer kurzen Einführung in die Sprache wird zunächst ein Überblick über die klassischen Fragen numerischer Lösungen gegeben, wie Fehlerabschätzungen, Umsetzung der Rechnerarithmetik mit begrenzten Genauigkeiten und die Umsetzung geeigneter Abbruchbedingungen. Daneben werden die Grundlagen moderner Rechnerarchitekturen und entsprechender Hardwareoptimierungen vorgestellt. Das Erlernete wird im Praktikum in der Programmiersprache Python mit geeigneten Datenstrukturen und Algorithmen umgesetzt.</p>

Inhalt
<p>In der experimentellen Mechanik und Materialmodellierung erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse über thermodynamisch konsistente Materialmodelle und deren Identifikation anhand von Versuchen zur Verwendung in der numerischen Umsetzung.</p> <p>Die Studierenden werden in die Materialklassen sowie deren Einteilung eingeführt. Anhand experimenteller Beispiele zur Umsetzung, Durchführung und Auswertung von Versuchen (Zugversuch, Scherversuch, Kompressionsversuch, Thermisch-mechanische Analyse) erlernen die Studierenden die Grundlagen der Materialmodellierung (Elastizität, Viskoelastizität, Plastizität und Schädigung).</p> <p>Um die Methodik der numerischen Umsetzung der eingeführten Materialgleichungen zu verstehen werden die Studierenden in die Lage versetzt eingeführte Modellparameter zu identifizieren. Diese werden anhand der experimentellen Beispiele mittels Computernumerik zur Simulation und Verifikation von Modellen verwendet. Die Studierenden erwerben damit Kenntnisse zur Modellbildung und Validierung mittels numerischer Lösungen, die sie zu einer kritischen Beurteilung möglicher Softwarefehler befähigt.</p> <p>Das Modul steigert neben den erworbenen praktischen und theoretischen Kenntnissen zur Materialmodellierung die Kompetenz zur Einordnung von Umsetzungsvoraussetzungen hinsichtlich Hardwarebedingungen und -optimierungen (Prozessorarchitekturen, Speichersysteme, Leistungsbewertungen) sowie Softwareoptimierungen (Compiler, grundlegende und effiziente Algorithmen, Datentypen, Datenstrukturen, Parallelisierbarkeit von Algorithmen). Die Studierenden lernen eine praxisrelevante Umsetzung der Verfahren in der Programmiersprache Python (lineare Gleichungssysteme, schwach besetzte Systeme) als auch geeigneter Abbruchkriterien, Genauigkeits- und Fehlerabschätzungen kennen.</p>
Leistungsnachweis
mP-30
Verwendbarkeit
Masterarbeiten auf dem Gebiet der experimentellen Mechanik, der Materialmodellierung sowie der numerischen Simulation im Rahmen von Matlab und der Finite Elemente Berechnung.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert ein Trimester und wird im Herbsttrimester angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.

Modulname	Modulnummer
<b>Strukturberechnung II</b>	1427

Konto	Computational Engineering: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	---

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11941	VL	Nichtlineare Finite-Elemente-Methode Vorlesung	Pflicht	2
11942	P	Rechnerpraktikum Nichtlineare FEM	Pflicht	1
14273	VL	Einführung in die Kontinuumsmechanik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Die Studierenden benötigen Kenntnisse aus der Technischen Mechanik und den CE-Modulen Materialmodelle und Numerik und Strukturberechnung I.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können nach dem erfolgreichen Bestehen des Moduls nichtlineare Strukturprobleme analysieren und geeignete Lösungsstrategien anwenden. Sie sind in der Lage, die möglichen Ursachen der Nichtlinearitäten zu verstehen und adäquate Lösungsverfahren hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu bewerten und anzuwenden. Die Studierenden erwerben die Kompetenz, eigenverantwortlich eine nichtlineare FE-Berechnung in Abhängigkeit der zu erwarteten Nichtlinearitäten durchzuführen (ein nichtlineares numerisches Modell im Rahmen einer FE-Software aufzubauen und zu lösen) sowie die Berechnungsergebnisse selbständig zu interpretieren und zu bewerten.
Die im Modul erworbene Fach- und Methodenkompetenz dient ferner dazu, komplexe Materialmodelle für große Verformungen in kommerziellen Finite-Elemente Programmen zu verstehen. Damit sind die Studierenden in der Lage, geeignete Materialmodelle für Berechnungen auszuwählen und zielgerichtet einzusetzen oder auch die zugehörigen Materialkennwerte experimentell ermitteln zu können.
Inhalt
In diesem Modul erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse zur Lösung von Problemstellungen in der nichtlinearen Strukturmechanik.
Die Studierenden erhalten eine grundlegende Einführung in die Ursachen von Nichtlinearitäten, deren Auswirkungen auf das Tragverhalten der Struktur.

Die Studierenden lernen anhand exemplarischer Beispiele die mathematische Struktur der Nichtlinearitäten kennen und werden detailliert mit adäquaten Lösungsverfahren, insbesondere dem Newton-Raphson-Verfahren, bekannt gemacht.

Die Studierenden erhalten vertieftes Wissen zu den geometrischen und physikalischen Nichtlinearitäten.

Für kontaktbedingte Nichtlinearitäten sowie für die Stabilitätstheorie erlangen die Studierenden einen grundlegenden Überblick.

In praktischen Übungen lernen die Studierenden den Umgang mit einem FE-Programm (z. B. ANSYS, ABAQUS) und dessen Anwendung auf nichtlineare Aufgabenstellungen.

Die Studierenden erhalten eine Wiederholung ausgewählter Grundlagen der Vektor- und Tensorrechnung (Matrizenrechnung), die zum Verständnis der Lehrveranstaltung wichtig sind.

Die Studierenden werden in die Grundzüge und Ideen der Beschreibung der Kinematik anschaulich eingeführt.

Die Studierenden lernen die fünf Bilanzgleichungen für Masse, Impuls, Drehimpuls, Energie und Entropie zu formulieren.

Die Studierenden erhalten Erkenntnisse in den grundlegenden Konzepten und Methoden der Materialmodellierung bei großen Deformationen. Diese werden ebenfalls anhand eines einfachen Materialmodells zur Beschreibung von temperaturabhängigem elastischem Materialverhalten veranschaulicht.

Den Studierenden wird die Strategie der numerischen Umsetzung eines sowohl geometrisch als auch physikalisch nichtlinearen Randwertproblems vermittelt.

#### Literatur

##### **Literatur zur Veranstaltung Nichtlineare FEM:**

Holzapfel: Nonlinear Solid Mechanics. John Wiley & Sons. Ltd

Reddy: An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis. Oxford University

Bonet, Wood: Nonlinear continuum mechanics for finite element analysis. Cambridge University Press

Wriggers.:Nichtlineare Finite-Elemente-Methoden. Springer-Verlag

##### **Literatur zur Veranstaltung Einführung in die Kontinuumsmechanik:**

Haupt: Continuum Mechanics and Theory of Materials, Springer Verlag

Altenbach und Altenbach: Einführung in die Kontinuumsmechanik, Teubner Verlag

Becker, Bürger: Kontinuumsmechanik, Teubner Verlag
Greve: Kontinuumsmechanik: Ein Grundkurs für Ingenieure und Physiker, Springer Verlag
Betten: Kontinuumsmechanik: Elastisches und inelastisches Verhalten isotroper und anisotroper Stoffe. Mit durchgerechneten Lösungen, Springer Verlag
<b>Leistungsnachweis</b>
mP-30
<b>Verwendbarkeit</b>
Masterarbeit auf dem Gebiet der numerischen Strukturberechnung und der Materialmodellierung.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester und wird im Wintertrimester angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.

Modulname	Modulnummer
Experimentaltechnik	1429

Konto	Simulations- und Versuchstechnik: PFL-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Roman Keppeler	Pflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	84	66	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14291	VÜ	Experimentaltechnik	Pflicht	7
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>7</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Die Studierenden benötigen Kenntnisse der Messtechnik und der Physik des jeweiligen Versuchs, wahlweise aus den Bereichen Betriebsfestigkeit, Strömungsmechanik, Thermodynamik, Werkstofftechnik, Strömungsmaschinen, Fahrzeugtechnik, Fahrzeugantriebe.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden können anspruchsvolle experimentelle Untersuchungen an technischen Bauteilen planen, durchführen, auswerten, dokumentieren und präsentieren. Zudem können sie Hinweise für eine Optimierung des Bauteils geben.

Instrumentelle Kompetenz:

- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, geeignete Prüfstände und die dazugehörige Mess- und Auswertetechnik auszuwählen, effizient einzusetzen und die Messergebnisse im Hinblick auf Optimierungsmöglichkeiten zu bewerten.

Systematische Kompetenz:

- Die Studierenden können die erlernten Fähigkeiten auch auf andere experimentelle Untersuchungen und zu optimierende Bauteile anwenden.

Kommunikative Kompetenz:

- Die Studierenden können die Zusammenhänge bei experimentellen Untersuchungen fachgerecht erklären und gegenüber Laien und fachlich vertrauten Gesprächspartner kompetent vertreten.

<b>Inhalt</b>
Neben einer Einführung in die Experimentaltechnik werden auch Planungs- und Auswertemethoden behandelt. Des Weiteren sind Exkursionen zu Industriefirmen inkl. Vorträgen vorgesehen. Die Studierenden arbeiten hauptsächlich selbständig in einem kleinen Projektteam. Sie lernen, wie wissenschaftliche Versuche geplant, aufgebaut, durchgeführt, ausgewertet und überprüft werden. Sie erstellen einen gemeinsamen Bericht und halten eine Präsentation.
<b>Leistungsnachweis</b>
Projektarbeit
<b>Verwendbarkeit</b>
Für die Durchführung von wissenschaftlichen Versuchen im Rahmen von experimentellen Projekt- und Masterarbeiten.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert zwei Trimester und beginnt im Herbsttrimester.

Modulname	Modulnummer
Prozesssimulation	1432

Konto	Simulations- und Versuchstechnik: PFL-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Frank Faßbender Prof. Dr.-Ing. Walter Waldruff	Pflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14321	VÜ	Prozesssimulation	Wahlpflicht	6
14322	VÜ	Simulation technischer Prozesse	Wahlpflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<p>1. Simulation technischer Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Höheren Mathematik</li> <li>• Kenntnisse der Technischen Mechanik</li> <li>• Kenntnisse der Thermodynamik</li> <li>• Kenntnisse der Elektrotechnik</li> </ul> <p>2. Prozesssimulation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Höheren Mathematik</li> <li>• Kenntnisse der Technischen Mechanik</li> </ul> <p>Hinweis: Kenntnisse der Kraftfahrzeugtechnik werden nicht vorausgesetzt.</p>

Qualifikationsziele
1. Simulation technischer Prozesse



Die Studierenden verfügen über eine vertiefte Kenntnis zur Modellierung technischer Systeme in den Disziplinen der Mechanik, der Elektrotechnik und der Thermodynamik und ist in der Lage auf der Basis der Modellierungssprache Modelica technische Prozeßabläufe zu simulieren sowie deren Modellparameter an reale Experimente anzupassen.

## 2. Prozesssimulation

Die Studierenden erwerben Kenntnisse und Fähigkeiten zur Modellierung technischer Systeme mit dem Mehrkörpersimulationsprogramm RecurDyn. Darüber hinaus wird der Einsatz und die gezielte Nutzung von Software-Werkzeugen für die durchgängige Simulation und Optimierung von Prozessabläufen sowie für die interdisziplinäre, bedarfsgerechte Entwicklung vermittelt.

## Inhalt

Hinweis: Von den Vorlesungen "1. Simulation technischer Prozesse" und "2. Prozesssimulation" muss jeweils nur eine belegt werden. Sie stellen Alternativen dar.

### 1. Simulation technischer Prozesse (Herbst- und Wintertrimester)

In diesem Modul erhalten die Studierenden eine grundlegende Einführung in die Modellierung und Simulation dynamischer technischer Prozesse. Dazu werden die Studierenden mit der physikalischen Modellbildung dynamischer Systeme in den technischen Disziplinen der Mechanik, der Hydraulik, der Thermodynamik und der Elektrotechnik vertraut gemacht. Sie erhalten des Weiteren eine Einführung in die Prinzipien der komponentenbasierten Simulation, die auf die verschiedenen technischen Disziplinen im Rahmen der Modellierungssprache Modelica angewendet werden. Sie lernen verschiedene numerische Methoden zur dynamischen Simulation technischer Prozesse sowie zur Parameteridentifikation kennen. Zur komponentenorientierten Modellierung dynamischer Prozesse sowie zur Anfertigung dynamischer Simulationen werden die Studierenden mit entsprechenden Software-Werkzeugen vertraut gemacht.

### 2. Prozesssimulation (Herbst- und Wintertrimester)

Prozessmodellierung, numerische Methoden, Software-Werkzeuge:

- Einführung in verschiedene Methoden der Simulation im Entwicklungsprozess
- Modellbildung mechanischer, dynamischer Systeme in der MKS (Mehrkörpersimulation)
- Integration der MKS in den Entwicklungsprozess
- Einführung in komponentenbasierte Simulation mit Anwendungen (z.B. RecurDyn)
- Numerische Integrationsverfahren & Solvetechnologien
- Praktische Beispiele aus der Entwicklung

<b>Leistungsnachweis</b>
"Prozesssimulation" oder alternativ "Simulation technischer Prozesse": sP-90 (5 ECTS-LP)
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Modul ist innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering ein Pflichtmodul der Vertiefung Simulations- und Versuchstechnik und kann darüber hinaus im gleichen Studiengang als Wahlpflichtmodul belegt werden.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen. Die Vorlesungen "Simulation technischer Prozesse" und "Prozesssimulation" finden parallel statt. Es ist jeweils zwischen einer der beiden Vorlesungen zu wählen.

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Signalverarbeitung</b>	1430

Konto	Simulations- und Versuchstechnik: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	Pflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14301	VL	Digitale Signalverarbeitung	Pflicht	3
14302	UE	Digitale Signalverarbeitung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse in Mathematik und Statistik

Qualifikationsziele
Die Studierenden verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie verfügen über einen sicheren Umgang mit Schlüsseltechniken der digitalen Signalverarbeitung im Zeit- und Frequenzbereich und wenden diese Werkzeuge eigenständig auf praktische Probleme an. Die Studierenden sind fähig zur Auswahl, Parametrierung und kritischen Bewertung von zeitdiskreten Signalverarbeitungskomponenten hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit. Sie vermögen methodisch bedingte Artefakte in der praktischen Anwendung zu erkennen und diese kritisch im Hinblick auf mögliche Fehlinterpretationen zu reflektieren.

Inhalt
Die digitale Signalverarbeitung ist eine Schlüsselwissenschaft für alle Anwendungsgebiete der Informationstechnik. Die Studierenden werden in dieser Lehrveranstaltung mit den wesentlichen Eigenschaften digitaler Signale vertraut gemacht und lernen den Umgang mit den wichtigsten Werkzeugen zur Analyse und Verarbeitung von digitalen Signalen. Die Studierenden setzen sich im ersten Schritt mit der Darstellung von zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen im Zeit- und Frequenzbereich als Fourier-Reihe, Fourier-Transformation, z-Transformation und zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT) auseinander. Dazu verdeutlichen sie sich das Verfahren der Signalabtastung und dessen Effekte. Als wichtigstes Ergebnis dieses Abschnitts erlernen die Studierenden das Werkzeug der diskreten Fourier-Transformation (DFT) und grenzen dieses zu anderen Verfahren ab. Dabei machen sie sich mit allen Effekten der DFT

vertraut, insbesondere der Zusammenhänge von Zeit- und Frequenzauflösung, Aliasing und Leakage-Effekt. Nach einer Einführung in das Gebiet der Schnellen Algorithmen (Fast Fourier Transform (FFT), Schnelle Faltung) befassen sich die Studierenden umfassend mit der Analyse von linearen verschiebungsinvarianten Systemen (LVI-Systeme). Sie werden mit den verschiedenen Beschreibungsformen (IA, DG, ÜF, FG) vertraut gemacht und lernen die verschiedenen Systemarten (MA, AR, ARMA) und ihre speziellen Eigenschaften (linearphasige Filter, minimalphasige Filter, Allpässe) zu differenzieren. Die Studierenden lernen unterschiedliche Realisierungsformen wie frequenzselektive Filter, signalangepasste Filter und adaptive Filter kennen und befassen sich mit Techniken zum Entwurf digitaler Filter. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie Digitalen Signal Prozessoren (DSP) und FPGA-Bausteinen, Implementierungsaspekten und möglichen Fehlerquellen schließt die Lehrveranstaltung ab.

#### Literatur

- Skriptum zur Vorlesung Digitale Signalverarbeitung. UniBw München
- Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022
- Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer (sP-60) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.  
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.  
Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Fahrzeugdynamik</b>	1431

Konto	Simulations- und Versuchstechnik: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Lion	Pflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	84	66	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11611	VL	Fahrzeugdynamik	Pflicht	2
11612	UE	Fahrzeugdynamik	Pflicht	1
14313	P	Praktikum Fahrzeugdynamik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Höhere Mathematik, Technische Mechanik, Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlernen die grundlegenden Methoden und Begriffe der klassischen Fahrzeugdynamik im Sinne des Vertikal-, Quer- und Längsverhaltens von Kraftfahrzeugen sowie deren Erprobung auf Prüfständen. Sie sind nach Bestehen des Moduls in der Lage, numerische  Berechnungsergebnisse aus Fahrzeugsimulationsprogrammen sowie Ergebnisse aus Versuchen kritisch zu hinterfragen sowie zu beurteilen und anhand von einfachen Modellen zu überprüfen. Diese Lehrveranstaltung bildet die Grundlage für Masterarbeiten auf dem Gebiet der Fahrzeugsimulation sowie zur experimentellen Mechanik und stellt eine Ergänzung zu anderen Lehrveranstaltungen der Fakultät dar.
Inhalt
In dem aus Vorlesung, Übung und Praktikum bestehenden Modul erwerben die Studierenden umfassende theoretische und praktische Kenntnisse auf dem Gebiet der Fahrzeugdynamik.  Vorlesung und Übung Fahrzeugdynamik  • Am Beispiel des Viertelfahrzeugmodells erlernen sie Methoden zur Modellierung, Abschätzung und Verbesserung der vertikalen Schwingungseigenschaften von Fahrzeugen. Sie werden in die Betrachtungsweise mit Hilfe von Übertragungsfunktionen eingeführt und lernen die Skyhook und Groundhook-Verfahren kennen.

- Am Beispiel von Stoßdämpfern, Hydro- und Elastomerlagern sowie Luftfedern werden sie mit den physikalischen Grundlagen und Modellen unterschiedlicher Fahrzeugkomponenten vertraut gemacht.
- Auf dem Gebiet der Querdynamik werden die Studierenden in die Grundlagen des Einspurmodells eingeführt, mit dem die Fahrmanöver Lenkwinkelsprung und stationäre Kreisfahrt simuliert werden. Sie werden mit den Grundlagen der Fahrstabilität, dem Über- und Untersteuern sowie dem Lenkungsregelung und dem Fahrverhalten mit Anhängern vertraut gemacht und verstehen den Einfluss von Reifennichtlinearitäten auf das Fahrverhalten. Am Beispiel eines Kursreglers erlernen die Studierenden die Beschreibung von Bahnkurven sowie das Vorausschauprinzip.
- Anhand eines Fahrzeugmodells für die Längsdynamik erlernen die Studierenden die Grundlagen zur Auslegung von Antriebs- und Bremsmomentverteilungen
- Auf den Gebieten Vertikal, Quer- und Längsdynamik erhalten die Studierenden erste Einblicke in die zugehörige Reifenmodellierung.

#### Praktikum Fahrzeugdynamik

Im Praktikum werden Inhalte aus der Vorlesung an Fahrversuchen mit einem Modellfahrzeug veranschaulicht, die von den Studierenden selbst durchgeführt werden.

- Die Studierenden erfahren die Längsdynamik von Kraftfahrzeugen unter dem Einfluss verschiedener Antriebskonzepte, der Fahrbahnreibung und der Schwerpunktlage.
- Zur Querdynamik von Kraftfahrzeugen führen die Studierenden Versuche zur stationären Kreisfahrt und zum Lenkwinkelsprung durch, die in der Vorlesung mit dem Einspurmodell simuliert wurden. Sie werden vertraut mit Begriffen wie Über- und Untersteuern, Fahrstabilität und Eigenlenkgradient.
- Die Studierenden praktizieren die Vertikaldynamik von Kraftfahrzeugen anhand von gemessenen Übertragungsfunktionen und Eigenfrequenzen.

#### Literatur

- Richter B.: Schwerpunkte der Fahrzeugdynamik. Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1990.
- Willumeit H.-P.: Modelle und Modellierungsverfahren in der Fahrzeugdynamik. Teubner Verlag, 1998.
- Schramm D., Hiller M., Bardini R.: Modellbildung und Simulation der Dynamik von Kraftfahrzeugen. Springer Verlag, 2010.
- Ersoy, M., Gies, S. (Hrg): Fahrwerkhandbuch. (5. Aufl.). Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2017.
- Mitschke, M., Wallentowitz, H.: Dynamik der Kraftfahrzeuge.(5. Aufl.) Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.

#### Leistungsnachweis

sP-60 oder mP-30.

Verwendbarkeit
Masterarbeit auf dem Gebiet der Fahrzeugsimulation bzw. der experimentellen Mechanik.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Electronic Design Automation I	3658

Konto	Electronic Design Automation: PFL-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Heinitz Prof. Dr.-Ing. Martin Sauter	Pflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	84	66	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36581	VL	Einführung in die Electronic Design Automation	Pflicht	2
36582	UE	Einführung in die Electronic Design Automation	Pflicht	1
36583	VL	Technologie integrierter Schaltungen	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>7</b>

Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse über elektronische Bauelemente
- Kenntnisse über Datenstrukturen und Algorithmen

Qualifikationsziele

1. Einführung in die Electronic Design Automation (EDA):

- Das Ziel der Vorlesung ist es, einen Überblick über die Algorithmen und Verfahren für den rechnergestützten Entwurf integrierter Schaltungen und Systeme (EDA, Electronic Design Automation) zu vermitteln. Dabei stehen nicht die Entwurfsobjekte (Schaltungen), sondern die Entwurfsmittel (Werkzeuge) im Vordergrund.
- Mit Hilfe der erworbenen Grundkenntnisse werden die Studierenden in die Lage versetzt, Probleme aus dem Bereich der Electronic Design Automation zu analysieren sowie geeignete Lösungen zu entwickeln.
- Die Studierenden erlangen die Fähigkeit zur Einschätzung und Bewertung von EDA-Werkzeugen (Software).

2. Technologie integrierter Schaltungen:



Die Studierenden erhalten grundlegende theoretische Kenntnisse sowie praktische Einblicke in die Herstellungsverfahren zur Herstellung integrierter Schaltungen. Dabei wird besonders eingegangen auf:

- Aufbau und physikalische Funktion wichtiger Halbleiterbauelemente
- Grundmaterialien der Halbleitertechnik
- Prozessschritte und Prozessführung der einzelnen Herstellungsschritte
- Integration zu einem Gesamtprozess
- Kenntnis und Verständnis der wichtigsten Produkte
- Grundkonzepte der integrierten Schaltungstechnik
- Industrielles Umfeld der Halbleiterfertigung (Reinraumtechnik)
- Produkt- und Innovationszyklen
- Einfluss der Skalierungsproblematik auf die IC-Herstellung

## Inhalt

### 1. Einführung in die Electronic Design Automation (EDA):

Die Studierenden erhalten eine umfassende Einführung in die Electronic Design Automation (EDA). Bei EDA-Werkzeugen handelt es sich um Softwarepakete, die für die Entwicklung integrierter Schaltungen und Systeme notwendig sind.

- Überblick über den System- und IC-Entwurf
- Entwurfsebenen
- Entwurststile
- Entwurfswerkzeuge und Entwurfseingabe
- Werkzeuge für den funktionellen und physikalischen Entwurf von digitalen und analogen Schaltungen
- Das Modul vermittelt die Methodenkompetenz zur Lösung grundlegender Fragestellungen auf dem Gebiet Electronic Design Automation.

### 2. Technologie integrierter Schaltungen:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermittlung von Kenntnissen über Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen.</li> <li>• Geschichte der Mikroelektronik; Grundmaterialien der Mikroelektronik; Schicht-, Dotier- und Ätztechnik; Analytische Verfahren, Lithografie; Reinräume</li> <li>• Prozessintegration und Gesamtprozesse (CMOS, BiCMOS, DRAM; NVRAM)</li> <li>• Zukunftsperspektiven</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
sP-120 oder mP-30.
Die Art der Prüfung wird am Anfang des Moduls festgelegt und bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<p>Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Electronic Design Automation.</p> <p>Die Module der ingenieurwissenschaftlichen Vertiefung EDA erfordern Grundlagenkenntnisse aus diesem Modul.</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Electronic Design Automation II</b>	3659

Konto	Electronic Design Automation: PFL-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Englberger Prof. Dr.-Ing. Thomas Latzel	Pflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36591	VSÜ	EDA II - System on a Chip	Wahlmodul	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Die Studierenden benötigen Kenntnisse der Programmiersprache C und Kenntnisse über den Aufbau und die Programmierung von „deeply embedded“ Systemen. Wünschenswert sind Kenntnisse in einer Hardwarebeschreibungssprache.

Qualifikationsziele
Die Studierenden werden in die Lage versetzt im Rahmen eines Projekts in Teamarbeit eine Aufgabe zur Thematik Hardware/Software Codesign auf einem FPGA/SoC-System zu planen und eigenständig zu lösen. Sie besitzen die Kompetenz vorhandene HW-Module auf ihre Eignung hin zu beurteilen, in ein Design zu integrieren und von einem Prozessor aus anzusprechen. Sie erwerben die praktische Fähigkeit eigene Hardware-Module zu erstellen und von einem Prozessor aus anzusprechen. Sie besitzen nach Abschluss des Moduls die praktische Fähigkeit eine Aufgabenstellung auf einem SoC-Entwicklungssystem umzusetzen.

Inhalt
Die Studierenden erhalten grundlegende Kenntnisse zur Implementierung von komplexen digitalen Systemen in einem FPGA. Im praktischen Anteil wird ein SoC- Projekt durchgeführt. Es werden folgende Themengebiete behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in ein SoC-Entwicklungssystem.</li> <li>• Nutzung von Prozessoren in einem SoC-Projekt.</li> <li>• Integration und Ansprechen von Peripheriebausteinen.</li> <li>• Entwurf eigener Hardware mit HDL.</li> <li>• Hardware/Software Codesign (Hardware in HDL und Software in C).</li> <li>• Erstellen und Test von Applikationen.</li> </ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
Portfolio, wobei die Note des Fachs durch bewertete Meilensteine und durch mündliche und/oder schriftliche Befragungen gebildet wird.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Electronic Design Automation.</li><li>• Systementwurf anwendungsorientierter integrierter Schaltungen</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>System on Chip Entwurf</b>	5536 (FH)

Konto	Electronic Design Automation: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Pflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
55361	VÜ	System on Chip Entwurf V/Ü	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Qualifikationsziele
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul kennen die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktion und Algorithmen von Kernkomponenten moderner Kommunikationssysteme</li> <li>• moderne Prozessor- und Speicherarchitekturen</li> <li>• den Entwurf von dedizierten Hardwarebeschleunigern und deren Integration in ein Prozessorsystem</li> </ul>
Inhalt
<p>Die Komplexität heutiger Kommunikationssysteme erfordert eine schaltungstechnische Umsetzung in Form sogenannter System-on-Chips (SoCs), welche neben einem Prozessorsystem ebenfalls eine Vielzahl an dedizierten Hardwarebeschleunigern für rechenintensive digitale Basisbandalgorithmen auf einem einzelnen Stück Silizium integrieren. Studierende erlernen durch die Teilnahme an diesem Modul die wesentlichen Entwurfsmethoden dieser SoCs. Nach einer Übersicht aktueller Kommunikationssysteme, welche insbesondere die 5te Mobilfunk- und 6te WiFi-Generation beinhaltet, werden sowohl Hardware- als auch Softwarekonzepte zur Realisierung solcher Systeme vorgestellt und die Notwendigkeit eines Hardware-Software Co-Designs herausgestellt. Im Folgenden wird ein Einblick in verschiedene Prozessor- und Speicherarchitekturen gegeben, bevor abschließend die schaltungstechnische Umsetzung einzelner digitaler Basisbandalgorithmen (inklusive sogenannter Low-Density-Parity-Check Dekoder zur Vorwärtsfehlerkorrektur) in Form von dedizierten Hardwarebeschleunigern und deren Integration in ein bestehendes Prozessorsystem detailliert wird. Begleitet wird die Vorlesung von einer praxisorientierten Übung, in der Kernbausteine heutiger Kommunikationssysteme von den Studierenden implementiert und mit Hilfe eines FPGAs umgesetzt werden sollen.</p>

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Min. oder mündliche Prüfung 25 Min. (Die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekannt gegeben.)
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul umfasst 1 Trimester. Dieses Modul wird im WT angeboten.

Modulname	Modulnummer
<b>Integrierte Schaltungen</b>	6059

Konto	Electronic Design Automation: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Linus Maurer	-	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12461	VÜ	Integrierte Schaltungen	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und digitalen Schaltungen, wie sie im Modul 3403 und 3420 vermittelt wird (Skripte unter <a href="https://www.unibw.de/ims/vorlesungen">https://www.unibw.de/ims/vorlesungen</a> ).
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein Verständnis der Grundlagen des Entwurfs integrierter Schaltungen und von CMOS Technologien. Die Studierenden haben eine Befähigung zur Simulation und zur Verifikation integrierter Schaltungen. Die Studierenden haben einen Einblick in die analoge und digitale Schaltungstechnik.
Inhalt
Die Studierenden werden mit den Grundlagen der CMOS Technologien bekannt gemacht. Sie erhalten eine Einführung in die elektrischen Entwurfsregeln. Die Studierenden werden mit den Grundlagen der Simulation integrierter Schaltungen bekannt gemacht. Die Studierenden lernen statistische Methoden für den Entwurf integrierter Schaltungen und das Layout integrierter Schaltungen. Parameter Extraktion und „pre-silicon“ Verifikation werden eingeführt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Behzad Razavi, Microelectronics, 2nd Edition International Student Version, ISBN: 978-1-118-16506-5</li> <li>Skript zur Vorlesung „Integrierte Schaltungen“, Institut für Mikroelektronik und Schaltungstechnik, <a href="http://www.unibw.de/ims/vorlesungen">www.unibw.de/ims/vorlesungen</a></li> <li>P.R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley &amp; Sons, 4. Aufl., 2001</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Kurt Hoffmann, „Systemintegration vom Transistor zur großintegrierten Schaltung“, ISBN 3-486-57894-4, Oldenbourg-Verlag München, München/Wien 2006 (2. Auflage)</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche (25min) oder schriftliche Modulprüfung (75min) am Ende des WTs. Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des FTs. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT



Modulname	Modulnummer
Kanal- und Quellencodierung	1438

Konto	Wireless Communications: PFL-Module CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Klaus-Peter Graf Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	Pflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14381	VÜ	Kanal- und Quellencodierung	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse der Kommunikationstechnik, insbesondere der digitalen Übertragungstechnik. Höhere Mathematik, insbesondere Algebra, Matrizenrechnung und Spektraltransformation.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erwerben vertiefte und fundierte Kenntnisse bezüglich der Fehlererkennung und Fehlerkorrektur für störungsbehaftete Übertragungskanäle und bezüglich der effizienten Komprimierung von Datenströmen. Sie sind vertraut mit den grundlegenden mathematischen Techniken und Methoden der Codierungstheorie, mit wichtigen Codes und deren Anwendungen in Informations- und Übertragungssystemen. Die Studierenden kennen die Stärken und Schwächen der behandelten Verfahren und sind befähigt, diese Verfahren in konkreten Problemstellungen anzuwenden bzw. algorithmisch umzusetzen sowie neue Verfahren hinsichtlich ihrer Eigenschaften einzuschätzen und zu bewerten. Die Studierenden erlangen ferner die Fähigkeit zur eigenständigen Erschließung von tiefer gehenden bzw. weiterführenden Aspekten der Codierungstheorie sowie zum Einstieg in fachverwandte Gebiete (z.B. Kryptographie).
Inhalt
Dieses Modul vertieft und ergänzt die in einem grundständigen Studiengang erworbenen Kenntnisse und Kompetenzen zu Codierungsverfahren und deren Anwendung in modernen digitalen Kommunikationssystemen. Inhaltliche Schwerpunkte der Wissensvermittlung sind:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chancen und Grenzen der Codierung: Kanalkapazität, Codierungstheorem, Codierungsgewinn, Fehlerwahrscheinlichkeiten</li> </ul>

- Algebraische Strukturen: Galoisfelder, Primkörper, Erweiterungskörper, Minimalpolynome, Spektraltransformation in Galoisfeldern
- RS- und BCH-Codes: Definition, Codekonstruktion, Grundzüge der algebraischen Decodierung, Berlekamp-Massey-Algorithmus
- Codeverkettung und iterative Decodierung: Interleaving, Produkt-Codes, Turbo-Codes, BMCJ-Algorithmus
- Graphen-basierende Codes: LDPC-Codes, Gallager-Codes, Trellis-Codes

**Leistungsnachweis**

sP-90

**Verwendbarkeit**

Dieses Modul ist als Pflichtmodul Bestandteil der Vertiefung Wireless Communications im Master-Studiengang Computer Aided Engineering (CAE). Die erworbenen Kenntnisse können für theoretische und praktische Arbeiten mit Bezug zu modernen Kommunikationssystemen, insbesondere Funkkommunikationssystemen, verwendet werden.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Funkübertragungssysteme	3660

Konto	Wireless Communications: PFL-Module CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier Prof. Dr.-Ing. Petra Weitkemper	Pflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12451	VÜ	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Pflicht	3
36601	VÜ	Moderne Mobilfunksysteme	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Theoretische Elektrotechnik 1 und 2 oder äquivalent</li> <li>• Hochfrequenztechnik 1 und 2 oder äquivalent</li> <li>• Digitale Kommunikationstechnik oder äquivalent</li> <li>• Funkkommunikation oder äquivalent</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Breites Wissen zum Aufbau und der Systemarchitektur von Funkübertragungssystemen und deren Hochfrequenzschaltungen und Antennen sowie Anwendungen in Kommunikationstechnik, Radartechnik und Funkortung</li> <li>- Breites und detailliertes Verständnis der physikalischen Übertragungsebene, Mehrwegeausbreitung, Signal-zu-Rausch-Verhältnis und anderer charakteristischer Parameter</li> <li>- Breites Wissen zum Aufbau von modernen Funksystemen, dem Einfluss von Zielanwendungen auf die verwendeten Verfahren</li> <li>- Breites und detailliertes Verständnis der verwendeten Verfahren auf der physikalischen Schicht und für den Mehrfachzugriff</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fähigkeit zur Auslegung von Funkübertragungssystemen und deren Komponenten für unterschiedliche Anforderungsprofile</li> </ul>

- Fähigkeit zur Beurteilung des Einflusses von Zielanwendungen und logischen Zusammenhängen zwischen Komponenten des Systems auf die Struktur des Gesamtsystems
- Fähigkeit zur Übertragung der gelernten Zusammenhänge auf andere komplexe Funkssysteme und zur kritischen Bewertung

#### Inhalt

##### *Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik (Prof. Lindenmeier):*

- 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 Richtfunk mit Strahlschwenkung, Single Input Multiple Output (SIMO) und Multiple Input Multiple Output (MIMO) -Übertragungstrecken

##### *Moderne Funkssysteme (Prof. Weitkemper)*

- Überblick aktueller drahtloser Kommunikationssysteme wie beispielsweise WLAN, Bluetooth, LoRaWAN, ZigBee, NFC, etc.
- Wechselwirkungen verschiedener Komponenten des Systems
- Vergleich, Gemeinsamkeiten und Unterschiede der technischen Verfahren
- Einfluss der Zielanwendungen auf Funksystem (z.B. hohe Datenraten menschlicher Nutzer bei WLAN gegenüber niedrigen Datenraten bei langer Akkulaufzeit bei IoT)
- praktische Aspekte der Frequenznutzung, z.B. ISM-Bänder

#### Leistungsnachweis

sP-75 oder mP-25

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Vorgesehener Startzeitpunkt innerhalb des Studiengangs im Regelstudium.

Modulname	Modulnummer
Transmission Techniques for Wireless Channels	1436

Konto	Wireless Communications: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Erwin Riederer Prof. Dr.-Ing. Petra Weitkemper	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14361	VL	Transmission Techniques for Wireless Channels	Pflicht	2
14362	UE	Transmission Techniques for Wireless Channels	Pflicht	1
14363	P	Transmission Techniques for Wireless Channels	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen

Die Studierenden benötigen Vorkenntnisse der Kommunikationstechnik. Es werden keine weiteren Kenntnisse aus anderen Modulen benötigt.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick über die typischen Eigenschaften von Funkkanälen und an diese Kanalbedingungen angepasste Übertragungstechniken.

- Die Studierenden können einzelne systemtypische Kenngrößen berechnen.
- Die Studierenden können funkbasierte Übertragungsverfahren beschreiben, differenzieren, vergleichen und bewerten.
- Die Studierenden können praktische Realisierungsbeispiele in ihrer Funktionsweise und Dimensionierung nachvollziehen sowie deren Parameter berechnen.
- Die Studierenden können wesentliche Parameter eines kanalangepassten Funkübertragungssystems dimensionieren.

Inhalt

Die Studierenden erhalten weiterführende Kenntnisse in den Themen:

- Physikalische und statistische Modellierung des Funkkanals
- Techniken zur zuverlässigen Kommunikation über zeit- und frequenzselektive Funkkanäle

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne und an die Kanalbedingungen angepasste Übertragungsverfahren (Mehrträger-Übertragung, OFDM)</li> <li>• Realisierungsbeispiele aktueller Kommunikationssysteme (z.B. WLAN Standards)</li> </ul> <p>Das erworbene Wissen wird Praktikumsversuchen vertieft und angewendet. Das Modul steigert die Methodenkompetenz eine kanalangepasste Funkübertragung zu entwerfen.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
sP-90
<b>Verwendbarkeit</b>
Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Wireless Communications. Die erworbenen Kenntnisse können als Grundlage für theoretische und praktische Arbeiten mit Bezug zu modernen Funkkommunikationssystemen verwendet werden.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester und wird im Herbsttrimester des 2. Studienjahres angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.

Modulname	Modulnummer
<b>Adaptive Übertragung und Signalverarbeitung</b>	3916

Konto	Wireless Communications: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Florian Lenkeit Prof. Dr.-Ing. Petra Weitkemper	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
39161	VÜ	Kooperative Kommunikation	Pflicht	2
39162	VÜ	Adaptive und iterative Strategien	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Digitale Kommunikationstechnik oder äquivalent

Qualifikationsziele
<p>Fachkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Breites Verständnis der Bedeutung von Kanalkennntnis am Sender in verschiedenen Systemen bzw. Systemstrukturen</li> <li>- Vertieftes Wissen in der Analyse und Konvergenz iterativer Empfänger und zur Realisierung von Kanalkennntnis am Sender</li> <li>- Grundlegendes Verständnis für die Vorteile von Kooperation in Kommunikationsnetzwerken</li> <li>- Kenntnisse unterschiedlicher Ansätze zur Kooperation von Knoten in Funknetzwerken</li> </ul> <p>Methodenkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fähigkeit zur kritischen Bewertung der vielfältigen konkreten Anwendungen adaptiver und iterativer Konzepte in aktuellen und zukünftigen Systemen</li> <li>- Sicherer Umgang mit Ansätzen zur Konvergenzanalyse iterativer Empfänger</li> <li>- Fähigkeit zur Beurteilung der Anwendungsmöglichkeiten senderseitiger Kanalkennntnis</li> </ul>

- Fähigkeit zur Bewertung der Anwendbarkeit von Kooperationsverfahren in aktuellen und zukünftigen Funknetzwerken

- Sicherheit in der Auswahl geeigneter Kooperationsverfahren für Funknetzwerke

### Inhalt

Lehrveranstaltung Kooperative Kommunikation (Prof. Dr.-Ing. Florian Lenkeit)

Diese Vorlesung beschäftigt sich mit dem Themenfeld der kooperativen Kommunikation mit besonderem Fokus auf der relaygestützten Datenübertragung. Die Grundidee der kooperativen Kommunikation besteht darin, dass es in einem Kommunikationsnetzwerk mit mehreren Knoten stets von Vorteil ist, miteinander zu kooperieren um sowohl insgesamt, als auch individuell das beste Ergebnis in Form von Datenrate oder auch Fehlerraten zu erzielen. Der Vorschlag zum Einsatz von Relays als eine Form der Kooperation geht hierbei bereits weit zurück. Zunächst wurden Relays jedoch als rein analoge Repeater zur Verstärkung der empfangenen Funksignale diskutiert. Enorme Fortschritte sowohl in der Hochfrequenztechnik, als auch in der digitalen Signalverarbeitung, haben jedoch dazu geführt, dass in den letzten Jahren immer mehr ausgefeilte Verfahren vorgeschlagen und diskutiert wurden. Die Veranstaltung gibt einen breiten Überblick über diese Verfahren und ihre Einsatzfelder.

- Wireless Relaying

o Grundidee und Historie

o Transparentes und regeneratives Relaying

o Relaying-Kanalmodelle und -Protokolle

o Half-Duplex- und Full-Duplex-Relaying

- Two-Way Relaying und Network Coding

- Verteilte MIMO-Verfahren

o Virtual Antenna Arrays

o Distributed Space-Time Processing

- Multi-Flow Relaying und Medienzugriff

- Beispiele für Einsatzfelder o Zellulare Kommunikationssysteme o Nicht-Terrestrische Netzwerke (NTN)



**Lehrveranstaltung Adaptive und iterative Strategien (Prof. Dr.-Ing. Petra Weitkemper)**

In dieser Vorlesung lernen die Studierenden moderne Konzepte der Nachrichtenübertragung kennen, die in vielen aktuellen Funksystemen Verwendung finden.

Um in Mobilfunkkanälen hohe Datenraten zu erzielen, ist eine Anpassung der Übertragung an die Eigenschaften des Funkkanals nötig, für die Informationen über den Kanal insbesondere am Sender erforderlich ist.

Ein weiterer Ansatz, die Datenrate mit praktisch vertretbarem Aufwand zu erhöhen, ist das Konzept des iterativen Empfängers, der den oft viel zu komplexen optimalen Empfänger in einfachere Teilprobleme zerlegt und zwischen diesen Teilen Informationen mehrfach austauscht.

Themen der Vorlesung:

- Grundlagen adaptiver Übertragung
- Bedeutung instantaner, mittlerer oder quantisierter Kanalkennntnis
- Bedeutung des Rückkanals vom Empfänger zum Sender
- Praktische Beispiele wie Ratenanpassung oder Vorentzerrung
- Grundlagen der iterativen Detektion
- Praktische Beispiele wie iterative Kanalschätzung oder Turbo-Entzerrung
- Konvergenz eines iterativen Empfängers
- Analyse iterativer Empfänger mit EXIT-Chart

**Leistungsnachweis**

sP-75 oder mP-25

**Verwendbarkeit**

Aufbaumodul in der Vertiefung Wireless Communications

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert ein Trimester und wird im Wintertrimester angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.

Modulname	Modulnummer
Kognitive Systeme	3661

Konto	Autonome Intelligente Systeme: PFL-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. Norbert Oswald	Pflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36611	VÜ	Kognitive Systeme	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Voraussetzung für die Teilnahme sind Grundkenntnisse in der Stochastik und in der Logik. Im Bereich der Stochastik können die erforderlichen Kenntnisse im Modul "Höhere Mathematik" im Masterstudiengang erworben werden.

Im Bereich der Logik sind konkret Kenntnisse der Aussagenlogik sowie Syntax und Semantik der Prädikatenlogik erforderlich. Soweit noch keine Lehrveranstaltung zur Logik besucht wurde, kann zur Vorbereitung im Eigenstudium die folgende Literatur dienen:

U. Schöning, Logik für Informatiker, Kapitel 1 und Kapitel 2.1, Springer-Verlag, 5. Auflage, 2000.

#### Qualifikationsziele

Studierende kennen die gängigen Verfahren und Methoden semantischer Technologien und deren potentielle Einsatzfelder. Sie verfügen über theoretische Kenntnisse im Bereich der maschineninterpretierbaren Wissensrepräsentation, sind mit den grundsätzlichen Verfahrensweisen der maschinellen Schlussfolgerung in sicheren und unsicheren Umgebungen vertraut und können diese Kenntnisse auch auf unbekannte Problemstellungen anwenden. Die Studierenden sind in der Lage Verfahren zur Planung oder Entscheidungsfindung auszuwählen und unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bewertungsmaßstäbe zu bewerten.

#### Inhalt

Autonome intelligente Systeme - Roboter und/ oder Computerprogramme - zeichnen sich durch die Fähigkeiten aus, sich in einer dynamischen Umgebung zurechtzufinden, auftretende Probleme selbständig zu lösen und zielgerichtet zu handeln. Dazu benötigen

sie kognitive Fähigkeiten zur Wahrnehmung, um Entscheidungen zu treffen, Aktionen zu planen oder um zu lernen.

Neben der selbständigen kontextbasierten Bearbeitung komplexer Aufgabenstellungen dienen intelligente Systeme vor allem als Unterstützung für den Menschen, indem sie beispielsweise ihre Expertise zur Verfügung stellen. Grundlage des intelligenten Verhaltens ist dabei stets fundiertes und aktuelles Wissen.

Das Modul vermittelt wissenschaftlich fundierte Konzepte, Methoden und Techniken zum Aufbau autonomer intelligenter Systeme. Es umfasst die folgenden Themen:

- Repräsentation von Wissen
- Reasoning und maschinelle Inferenz
- Probabilistische Schlussfolgerungen
- Entscheidungsfindung und -unterstützung
- Maschinelles Lernen und Deep Learning
- Automatisierte Planung von Handlungsabläufen

#### Leistungsnachweis

Portfolio (bestehend aus einer Laboraufgabe, Referat und sP max. 45 min)

#### Verwendbarkeit

Das Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Autonome intelligente Systeme.

Gute Grundlage für Masterarbeiten im Bereich „Künstliche Intelligenz“.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul umfasst 1 Trimester. Das Modul findet jedes Jahr im Herbsttrimester statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Robotersysteme</b>	3662

Konto	Autonome Intelligente Systeme: PFL-Module - CAE 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. Antje Neve	Pflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36621	VL	Sensorik	Pflicht	3
36622	VL	Robotersysteme	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

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

- Kenntnisse des Moduls Höhere Mathematik

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

- Kennenlernen der Bandbreite unterschiedlicher Sensorsysteme und gängiger Anwendungsfelder:
- Überblick über verschiedene Gelenktypen eines Roboters und deren Einsatz zur (Fort-)Bewegung des Roboters
- Mathematische Betrachtung der Kinematik von Robotern
- Eigenständige Analyse von sensomotorischen Systemen
- Verstehen der Komponenten eines Roboters
- Fähigkeit zur Technologiefolgenabschätzung
- Kompetenzen zur Wissensvermittlung im Bereich der sensomotorischen Systeme.

Inhalt
--------

1. Sensorik:

Aufbau und Technologie moderner Sensoren, Anwendungen und digitale Weiterverarbeitung

- Allgemeine Eigenschaften und Klassifikation unterschiedlicher Sensorsysteme

- Einfache Sensoren
- Sensorsysteme zur Erfassung der Größen Geschwindigkeit, Drehrate und Gyrosensoren,  
(digitaler) Kompass, Position (Abstand), Bildgebende Sensorik
- Digitale Weiterverarbeitung der Rohdaten und Messgenauigkeiten und - ungenauigkeiten
- Sensorfusion

## 2. Robotersysteme:

- Einführung mit Historie
- Arten von Robotern
- Roboterkinematik
- Komponenten eines Roboters
- Gelenke und Achsen
- Effektoren und Greifer
- Roboterkinematik (Vorwärts- und Rückwärtsrechnung, Konfigurationsraum)
- Roboterdynamik
- Möglichkeiten der Programmierung von Robotern
- Exkurs zu Cyber Physical Systems

### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung mit 90 Minuten oder Referat mit 45 Minuten oder mündliche Prüfung mit 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben. Die zweite Wiederholungsprüfung wird als mündliche Prüfung abgehalten.

### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.  
Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Robotik-Praxis</b>	3693

Konto	Autonome Intelligente Systeme: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Englberger	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36931	VSÜ	Robotik-Praxis	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse einer Programmiersprache, Bevorzugt C, C++ oder Python. Hilfreich sind die Kenntnisse aus den Modulen der Vertiefung AIS.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben die Fähigkeit im Rahmen eines Projekts in Teamarbeit eine vorgegebene Aufgabe aus der Robotik zu planen und eigenständig zu lösen. Sie sind vertraut mit der prinzipiellen Funktion des Frameworks ROS2 und können Programmpakete für dieses Framework analysieren und erstellen. Sie besitzen nach Abschluss des Moduls die Kompetenz Verfahren aus der Robotik, wie z. B. für Wegplanung, Kartenerzeugung, etc. auf ihre Eignung hin zu bewerten. Sie besitzen praktische Fähigkeiten, mit denen sie in der Lage sind, Anwendungen und Algorithmen über die Anpassung von Parametern zu optimieren. Sie sind in der Lage dabei den Einfluss der Rahmenbedingungen, z. B. unterschiedliche Streckenvorgaben, in ihrer Planung zu berücksichtigen.

#### Inhalt

Im Rahmen eines Projekts sollen die in Teams eingeteilten Studierenden eine vorgegebene Aufgabe zur Steuerung eines autonom agierenden Fahrzeugs eigenständig lösen. Die Planung der Aufgabe obliegt den Teams.

Für die praktische Umsetzung der Aufgabe ist ein autonom agierendes Roboterfahrzeug (Vierradfahrzeug ohne Lenkung - 4WD) zu programmieren. Die Steuerung des Fahrzeugs wird mithilfe des Frameworks „Robot Operating System“ (ROS) durchgeführt. Die Studierenden erlernen die Erstellung einfacher ROS2-Applikationen, die Nutzung von vorhandenen ROS-Paketen und den Einsatz der ROS-Test- und Visualisierungshilfen. Für die Entwicklung und den Test der Programme steht neben der Hardware mit Gazebo eine Simulationsumgebung für den verwendeten Roboter zur Verfügung. Die Studierenden erstellen mit Gazebo an die Aufgabenstellung angepasste

<p>Versuchsumgebungen, testen ihre Lösung in dieser Umgebung und vergleichen die Ergebnisse mit dem Verhalten des echten Roboters.</p> <p>Zu Beginn der Lehrveranstaltung wird die Aufgabenstellung bekannt gegeben.</p> <p>Um die Eigenständigkeit der Lösungen nicht zu beschränken, erfolgt die Auswahl der benötigten Sensoren, sowie die Auswahl und die Konfiguration der ROS-Applikationen weitgehend durch die Studierenden. Auch die Vorgehensweise bei der Programmierung liegt in der Verantwortung der Studierenden.</p> <p>Am Ende der Lehrveranstaltung findet ein Wettbewerb statt, in dem die verschiedenen Lösungen verglichen werden.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
Portfolio, wobei die Note des Fachs durch bewertete Meilensteine und durch mündliche und/oder schriftliche Befragungen gebildet wird.
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Modul ist Bestandteil der Vertiefung Angewandte Intelligente Systeme. Es ermöglicht die praktische Anwendung der Kenntnisse aus den anderen Modulen der Vertiefung. Es stellt die Basis zu Masterarbeiten zur Steuerung von Robotern dar. In der Industrie werden für die Entwicklung von Roboteranwendungen, autonomen Fahrzeugen und Drohnen Kenntnisse über ROS benötigt.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul wird in geraden Studienjahrgängen jeweils im Wintertrimester (ungerade Jahreszahlen) angeboten. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im zweiten Studienjahr vorgesehen.
<b>Sonstige Bemerkungen</b>
Dieses Aufbaumodul wird im Wechsel mit dem Aufbaumodul Deep Learning angeboten. Robotik-Praxis wird in den ungeraden Wintertrimestern angeboten. Das bedeutet, es kann von den geraden Studienjahrgängen (also CAE2020, CAE2022, CAE 2024 etc.) im entsprechenden Wintertrimester 2021, 2023, 2025 usw. besucht werden.

Modulname	Modulnummer
<b>Algorithmische Geometrie</b>	3694

Konto	Autonome Intelligente Systeme: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mark Minas	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11951	VÜ	Algorithmische Geometrie	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Es werden Grundkenntnisse aus der elementaren Mathematik und der analytischen Geometrie sowie Kenntnisse von grundsätzlichen Datenstrukturen und Algorithmen vorausgesetzt, wie sie in entsprechend einführenden Modulen vermittelt werden.

Zur Vorbereitung kann die folgende Literatur dienen:

- M. de Berg, O. Cheong, M. van Kreveld, M. Overmars. Computational Geometry: Algorithms and Applications. Springer-Verlag, 3rd edition, 2008.
- R. Klein. Algorithmische Geometrie: Grundlagen, Methoden, Anwendungen. EXamen.press Series. Springer, 2005.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen effiziente Lösungsverfahren für grundsätzliche geometrische Probleme kennen, wie sie in einer Vielzahl von Anwendungsgebieten (z.B. Computergraphik und Bildverarbeitung, Robotik, CAD/CAM, geographische Informationssysteme, kombinatorische Optimierung) vorkommen. Die Studierenden werden damit in die Lage versetzt, solche Probleme in der Praxis zu identifizieren, verschiedene Lösungsverfahren abzuwägen und die effizientesten auszuwählen sowie umzusetzen.

#### Inhalt

Die Studierenden erwerben umfassende theoretische Kenntnisse sowie praxisnahe Beispiele in der Algorithmischen Geometrie. Im Einzelnen

- werden die Studierenden mit den Problemstellungen der analytischen Geometrie vertraut gemacht, z.B. mit den Schnitten geometrischer Objekte.



- lernen sie, wie zusammenhängende Kurven und Flächen aus Punktmengen effizient berechnet werden können, z.B. konvexe Hüllen.
- lernen sie effiziente Suchverfahren in geometrischen Räumen kennen und anzuwenden, z.B. die Bestimmung kürzester Roboterwege.
- werden die Studierenden mit der Segmentierung von Räumen und dem Sortieren von Objekten vertraut gemacht (z.B. Triangulierungen und mehrdimensionale Bäume).
- lernen sie die im Zweidimensionalen effizient durchzuführende lineare Optimierung kennen und anzuwenden (z.B. an Hand der inkrementellen linearen Programmierung).

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung über 60 min oder mündliche Prüfung über 30 min. Die Art der Prüfung wird am Anfang des Moduls festgelegt und bekanntgegeben.

**Verwendbarkeit**

Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs "Computer Aided Engineering" als Aufbaumodul zur Vertiefung "Autonome Intelligente Systeme".

**Dauer und Häufigkeit**

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

Modulname	Modulnummer
Deep Learning	3696

Konto	Autonome Intelligente Systeme: Aufbau-Module - CAE 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. Norbert Oswald	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36961	SU	Deep Learning	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gute Kenntnisse in einer Programmiersprache</li> <li>• Interesse an der Thematik des maschinellen Lernens</li> <li>• Wünschenswert sind elementare Kenntnisse zu neuronalen Netzen, wie sie beispielsweise in der Vorlesung „Künstliche Intelligenz“ vermittelt werden</li> <li>• Die Anzahl der Teilnehmer ist beschränkt auf 8</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden sind vertraut mit dem aktuellen Forschungsstand der wichtigsten theoretischen Konzepte des Deep Learning und können die gängigen Lehrmeinungen kommunizieren und interpretieren. Sie sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, Entwicklungen und Konsequenzen im Themenbereich des maschinellen Lernens kritisch zu reflektieren. Die Studierenden besitzen die Kompetenz, unterschiedliche Topologien neuronaler Netze zu analysieren und auf ihre Eignung hin zu bewerten. Sie sind mit der interdisziplinären Arbeitsweise in diesem Themenbereich vertraut und können Aufgabenstellungen des Deep Learning selbständig bearbeiten. Die Studierenden besitzen praktische Fertigkeiten, mit denen sie in der Lage sind, Anwendungen des Deep Learning in Tensorflow und Python umzusetzen und geeignete Lösungen dafür zu programmieren.</p>

Inhalt
<p>Deep Learning ist ein Teilbereich des maschinellen Lernens basierend auf neuronalen Netzen. Mit Techniken des Deep Learning wurden in den letzten Jahren insbesondere in den Bereichen des Bildverstehens und der Sprachverarbeitung beachtliche Erfolge erzielt.</p>

<p>In diesem Modul erwerben die Studierenden umfassende theoretische und praktische Kenntnisse des Deep Learning. Sie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen Techniken zur Optimierung neuronaler Netze kennen, Regularisierung, stochastisches Gradientenverfahren, Minibatch, Loss- und Aktivierungsfunktionen</li> <li>• eignen sich gängige Praktiken zum Trainieren und Evaluieren neuronaler Netze an</li> <li>• üben den Aufbau von Topologien wie Convolutional Neural Network und Recurrent Neural Network bzw. den von bekannten Architekturen wie LeNet oder AlexNet</li> <li>• befassen sich mit verschiedenen Themenstellungen wie Word Embeddings und Long-Short-Term Memory</li> <li>• arbeiten sich in das Framework Tensorflow, in die Programmiersprache Python sowie in die Nutzung eines High-Performance Computercluster für Deep Learning Anwendungen ein</li> <li>• programmieren Lösungen zu Aufgaben aus den Anwendungsbereichen Zeichen-erkennung, Segmentierung, Objektklassifizierung und Wortvorhersage</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Portfolio oder eine 30-minütige mündliche Prüfung. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Dieses Modul kann innerhalb des Master-Studiengangs "Computer Aided Engineering" in der Vertiefung "Autonome Intelligente Systeme" als Aufbaumodul gewählt werden. Es bildet die Grundlage für Masterarbeiten zu Themen aus dem Bereich „Deep Learning“.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul umfasst 1 Trimester. Dieses Modul wird jeweils für die ungeraden Studienjahrgänge im WT (gerade Jahreszahlen) angeboten.
<b>Sonstige Bemerkungen</b>
Dieses Aufbaumodul wird im Wechsel mit dem Aufbaumodul Robotik-Praxis angeboten. Deep Learning wird in den geraden Wintertrimestern angeboten. Das bedeutet, es kann von den ungeraden Studienjahrgängen (also CAE2021, CAE2023, CAE 2025 etc.) im entsprechenden Wintertrimester 2022, 2024, 2026 usw. besucht werden. Für die Jahrgänge, in denen es nicht als Aufbaumodul angeboten wird, besteht i.d.R. die Möglichkeit, es als Wahlpflichtmodul mit 6 ECTS-LP zu besuchen. Bitte beachten Sie hierzu Ihre aktuelle WPM-Liste.

Modulname	Modulnummer
<b>Aerothermodynamik</b>	1048

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Mundt	Wahlpflicht	3

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	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Klein	Wahlpflicht	2

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>				<b>4</b>

#### 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

- Beispiele von CFD Simulationen
- Gittergenerierung, Gitter und ihre Eigenschaften
- Behandlung inkompressibler Strömungen
- Behandlung kompressibler Strömungen
- Behandlung von turbulenten Strömungen (DNS, LES, DES, URANS, Turbulenzmodelle)
- Grundgleichungen der Fluidodynamik, Näherungen und mathematischer Charakter
- Finite Differenzen Methode
- Finite Volumen Methode
- Zeitintegrationsverfahren für instationäre Strömungen
- Eigenschaften finiter Approximationen
- Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme
- Lösungsverfahren für die Navier-Stokes-Gleichungen inkompressibler Strömungen
- Randbedingungen

<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
Dynamik und Regelung von Satelliten	1054

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Roger Förstner	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10541	VL	Dynamik und Regelung von Satelliten	Pflicht	2
10542	UE	Dynamik und Regelung von Satelliten	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

**Empfohlene Voraussetzungen**

Vorausgesetzt werden Kenntnisse, wie sie in den Bachelor- und Master-Modulen der „Höheren Mathematik“, der „Technischen Mechanik“ sowie der „Werkstoffkunde“ vermittelt werden.

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden:

- können die Bedeutung der Dynamik und Lageregelung von Satelliten mit ihren Nutzungsmöglichkeiten zeitgemäß einordnen.
- haben ein Verständnis der Lagekinematik und -dynamik von Satelliten
- kennen die verschiedenen Lageregelungskonzepte für Satelliten sowie deren Besonderheiten und Einsatzbereiche.

**Inhalt**

In dieser Vorlesung wird das Gebiet der Dynamik und Regelung von Satelliten am Beispiel der gebräuchlichsten Methoden der Lageregelung (Spinstabilisierung, Gravitationsgradienten- und Dreiaachsenstabilisierung) vertieft. Drehbewegungen und kinematische Zusammenhänge werden mit Hilfe von Richtungskosinusmatrix, Eulerwinkel-Drehmatrix und Quaternionen mathematisch dargestellt. Die Darstellung in verschiedenen gegeneinander bewegten Referenzsystemen wird abgehandelt, um die Ausrichtung von Satelliten in Umlaufbahnen beschreiben zu können. Mit Hilfe der Eulergleichung werden dann die dynamischen Gesetze von Drehbewegungen abgeleitet, Stabilitätsuntersuchungen werden durchgeführt und die Auswirkungen von Störmomenten, wie sie im erdnahen und geostationären Orbit wirken, werden analysiert. Die Funktionsweise von Aktuatoren wie Drallräder, Reaktionsräder, Elektromagneten und Kaltgassysteme in Regelkreisen werden behandelt.

Gliederung der Vorlesung:

- Einführung
- Lagekinematik



<ul style="list-style-type: none"><li>• Lagedynamik</li><li>• Kreiseldynamik</li><li>• Spin-Stabilisierung</li><li>• Gravitationsgradienten-Stabilisierung</li><li>• Dreiachsen-Stabilisierung</li><li>• Lagemanöver</li></ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Steiner, Schagerl: Raumflugmechanik</li><li>• Hughes P.C.: Spacecraft Attitude and Dynamics</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten <ul style="list-style-type: none"><li>• 30 Minuten Frageteil: keine Hilfsmittel</li><li>• 60 Minuten Aufgabenteil: Skript, Formelsammlung, Taschenrechner</li></ul>
<b>Verwendbarkeit</b>
Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen, angewandte Forschung sowie Projektmanagement auf dem Gebiet der Raumfahrt.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 2. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>FVW- Strukturen</b>	1065

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Philipp Höfer	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10651	VÜ	FVW-Strukturen	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden Kenntnisse in "Festigkeitslehre"

Qualifikationsziele
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Studierenden kennen die Einzelkomponenten von Faserverbundwerkstoffen und deren Eigenschaften. Sie wissen, wie diese Werkstoffkomponenten im Verbund zusammenwirken.</li> <li>2. Die Studierenden verstehen das Verhalten orthotroper und anisotroper Werkstoffe, sie können das Versagen solcher Werkstoffe an Hand von verschiedenen Bruchkriterien beurteilen.</li> <li>3. Die Studierenden sind in der Lage, die Eigenschaften beliebig aufgebauter Laminat rechnerisch zu ermitteln und deren Eigenschaften im Hinblick auf zu konstruierende Strukturen zu beurteilen.</li> <li>4. Die Studierenden kennen die Stärken, aber auch die Schwächen des Faserverbundwerkstoffes beim Einsatz in tragenden Strukturen.</li> <li>5. Die Studierenden wissen, wie Strukturen aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt werden können und welche fertigungsabhängigen Eigenschaften beachtet werden müssen.</li> </ol>

Inhalt
<p>Die Studierenden erhalten im Modul „FVW-Strukturen“ einführende Kenntnisse über das Verhalten und die Berechnung von Strukturen aus Faserverbundwerkstoffen (FVW). Schwerpunkt bildet die Einführung in die klassische Laminattheorie sowie anzuwendende Versagenshypothesen. Hinweise zur Analyse von Faserverbundstrukturen mittels analytischer und numerischer (FE-) Methoden sowie zur konstruktiven Gestaltung und zur Herstellung runden das Modul ab.</p> <p>Das Modul gliedert sich in folgende Abschnitte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materialien <ul style="list-style-type: none"> <li>Faserwerkstoffe,</li> <li>Matrixwerkstoffe.</li> </ul> </li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidirektionalschicht (UD-Schicht) Eigenschaften der UD-Schicht, Werkstoffgesetz der UD-Schicht, Matrixschrumpfung und Feuchteaufnahme.</li> <li>- Mehrschichtverbunde (klassische Laminattheorie) Transformation der UD-Schicht, Werkstoffgesetz der geschichteten Platte, Berechnung von Spannungen in den Einzellagen, Schubspannungen infolge Querkraft der geschichteten Platte.</li> <li>- Versagenskriterien Maximale Spannung, maximale Dehnung, Versagenskriterien von Hoffmann, Tsai-Wu, Puck.</li> <li>- Berechnung von FVW-Strukturen Auslegung und Optimierung von Laminaten, Stabartige Elemente, 3D-Laminattheorie, Krafteinleitungen (Bolzen, Schlaufen, Klebung).</li> <li>- Hinweise zur Fertigung</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schürmann H.: Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden. Berlin: Springer-Verlag, 2005.</li> <li>• Moser K.: Faser-Kunststoff-Verbund. Entwurfs- und Berechnungsgrundlagen. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1992.</li> <li>• Puck A.: Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten. Carl Hanser Verlag: München, 1996.</li> <li>• Tsai S.W., Hahn T.: Introduction to Composite Materials. Westport/Conn.: Technomic Publishing Company, 1980.</li> <li>• Vinson J.R., Sierakowski R.L., The behavior of Structures Composed of Composite Materials. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten (30 Minuten Fragenteil ohne Hilfsmittel, 60 Minuten Aufgabenteil mit allen Hilfsmitteln) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel)
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Modul vermittelt die Grundlagen der Konstruktion und der Berechnung von Strukturen aus Faserverbundwerkstoffen. Diese Kenntnisse sind von Bedeutung für alle Strukturen aus Faserverbundwerkstoffen, nicht nur aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik, sondern auch der Automobil- und Windenergietechnik sowie dem allgemeinen Maschinenbau bis hin zu Sportgeräten.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 2. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Gasdynamik</b>	1066

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Christian J. Kähler	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10661	VL	Gasdynamik	Pflicht	2
10662	UE	Gasdynamik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse aus Höherer Mathematik und Physik sowie Kenntnisse, wie sie im Modul "Strömungsmechanik und Aerodynamik" vermittelt werden.

#### Qualifikationsziele

- Die Studierenden können Form und Lage auftretender Verdichtungsstöße vorhersagen
- Die Studierenden kennen die aerodynamischen Probleme im Unter- und Überschall und beherrschen deren mathematische Behandlung
- Die Studierenden sind mit Effekten der Schallnahen Strömung und der Hyperschallströmung vertraut
- Die Studierenden beherrschen die Anwendung des Charakteristikenverfahrens
- Die Studierenden sind mit der Erzeugung von Überschallströmung und mit der wesentlichen Messtechnik zur Analyse kompressibler Strömung vertraut

#### Inhalt

- Thermodynamische Grundlagen der Gasdynamik
- Überschallströmung: Lavaldüsenströmung, kritische Strömungsgrößen, senkrechter Verdichtungsstoß
- Schiefer Verdichtungsstoß, anliegende/abgelöste Stoßformen
- Prandtl-Meyer-Strömung
- Gasdynamische Grundgleichung
- Charakteristikenverfahren
- Schallnahe Strömung
- Hyperschallströmung
- Reibungseffekte
- Realgaseffekte
- Versuchsanlagen und Messmethoden der Gasdynamik

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anderson J.D.: Modern Compressible Flow: With Historical Perspective. McGraw-Hill Series in Aeronautical &amp; Aerospace Engineering, McGraw Hill Higher Education. 1990.</li> <li>• Krause E.: Strömungslehre, Gasdynamik und Aerodynamisches Laboratorium. 208 Aufgaben mit Lösungen sowie 11 ausführlichen Versuchen im Aerodynamischen Laboratorium. Vieweg+Teubner, 2003.</li> <li>• Oswatitsch K.: Grundlagen der Gasdynamik. Springer-Verlag GmbH, 1987.</li> <li>• Oswatitsch K.: Spezialgebiete der Gasdynamik. Schallnähe, Hyperschall, Tragflächen, Wellenausbreitung. Springer-Verlag, 1982.</li> <li>• Zierep J.: Theoretische Gasdynamik. Karlsruhe: G. Braun-Verlag, 1991.</li> <li>• Landau L.D., Lifschitz, E.M.: Hydrodynamik. Bd. 6, 1990, Verlag Harri Deutsch</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten (Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel).
<b>Verwendbarkeit</b>
Die Inhalte der Vorlesung liefern die theoretischen Grundlagen und das notwendige Verständnis zur Analyse und Vorhersage von kompressiblen Strömungen. Die erworbenen Kenntnisse über transsonische, supersonische und hypersonische Strömung bilden die Grundlage für ein tieferes Verständnis der Strömungsphänomene in der Luft – und Raumfahrttechnik.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester, es findet im Wintertrimester des 1. Master-Studienjahres statt. Für Studierende der Vertiefungsrichtung ME-PTM-LRT des Studiengangs Mathematical Engineering (M.Sc.) ist das Modul im Wintertrimester des 2. Studienjahrs vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Leichtbaustrukturen	1068

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Philipp Höfer	Wahlpflicht	4

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10681	VÜ	Leichtbaustrukturen	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden Kenntnisse in „Festigkeitslehre“ und „Leichtbau“

Qualifikationsziele
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Studierenden kennen die wesentlichen Mechanismen, die bei der Einleitung konzentrierter Kräfte in dünnwandige Strukturen wirken. Sie können die dabei auftretenden Spannungen ermitteln und ihre Auswirkungen auf praktische Problemstellungen beurteilen.</li> <li>2. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, Stabilitätsprobleme dünnwandiger stabartiger Tragwerke zu klassifizieren. Sie können die stabilitätskritischen Lasten für einfache dünnwandige Tragwerke ermitteln.</li> <li>3. Die Studierenden besitzen ein grundlegendes Verständnis für die Wirkungsweise von Membrankreiszyinderschalen ohne und mit Umfangsversteifungen (Spante).</li> </ol>

Inhalt
<p>Die Studierenden erhalten im Modul „Leichtbaustrukturen“ vertiefende Kenntnisse über Leichtbaustrukturen. Besondere Berücksichtigung finden Phänomene der Krafteinleitung und der Stabilität dünnwandiger Strukturen. Ein erster Einblick in die Funktionsweise und Berechnung von Membrankreiszyinderschalen wird gegeben.</p> <p>Das Modul gliedert sich in folgende Abschnitte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lastein-/umleitungen, Dreigurtscheibe, analytische Lösung, Shear-Lag Theorie.</li> <li>- Stabilität von Leichtbaustrukturen <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Stab-Feder-Systeme <ul style="list-style-type: none"> <li>Verzweigungsproblem,</li> <li>Durchschlagsproblem,</li> <li>Systeme mit mehreren Freiheitsgraden,</li> <li>kombinierte Beanspruchungen (Interaktionsformeln).</li> </ul> </li> <li>+ Elastische Tragwerke <ul style="list-style-type: none"> <li>druckbelasteter Balken mit Vorverformung,</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

<p>Näherungsverfahren für den Balken, elastisch gebetteter Balken, Sandwichknittern, Biegedrillknicken, Kippen, Plattenbeulen, Teilschaleninstabilitäten, Beulen von Kreiszyinderschalen, Konzept der mitttragenden Breite und des Zugfeldes.</p> <p>- Statik der Kreiszyinderschalen Übertragungsmatrix der Membranschale, Umfangsbiegesteife Kreiszyinderschale, Spantmatrix.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kossira H.: Grundlagen des Leichtbaus. Einführung in die Theorie dünnwandiger stabförmiger Tragwerke. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 1996.</li> <li>• Wiedemann J.: Leichtbau. Elemente und Konstruktion. Berlin: Springer Verlag, 2007.</li> <li>• Pflüger A.: Stabilitätsprobleme der Elastostatik. Berlin: Springer-Verlag, 1975.</li> <li>• Niu M.C.Y.: Airframe Stress Analysis and Sizing. Hong Kong: Hong Kong Conmilit Press Ltd., 1999.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten (30 Minuten Fragenteil ohne Hilfsmittel, 60 Minuten Aufgabenteil mit allen Hilfsmitteln) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel)
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Messmethoden in der Strömungsmechanik</b>	1072

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Christian J. Kähler	Wahlpflicht	4

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10721	VL	Messmethoden in der Strömungsmechanik	Pflicht	2
10722	UE	Messmethoden in der Strömungsmechanik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

## Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse aus Physik und Messtechnik sowie die Vorlesung "Strömungsmechanik".

## Qualifikationsziele

- Die Studierenden kennen das grundlegende Messprinzip der verschiedenen mechanischen, elektrischen und optischen Messverfahren.
- Die Studierenden kennen die Vor- und Nachteile der vorgestellten Messverfahren und sind in der Lage, bei einem gegebenen praktischen Problem die geeignete Messtechnik auszuwählen, die zur Beantwortung der strömungsmechanischen Fragestellung führt.
- Die Studierenden haben eine Vorstellung von den wirtschaftlichen Aspekten, d.h. welcher finanzielle und personelle Aufwand ist mit dem Einsatz eines bestimmten Messverfahrens unter Erhalt welcher strömungsmechanischen Erkenntnisse verbunden.

## Inhalt

Bei strömungsmechanischen Entwurfsaufgaben spielt das Versuchswesen eine zentrale Rolle. Sei es an einem verkleinerten Modell im Windkanal oder an der Großausführung. Die dabei zur Verfügung stehenden diagnostischen Hilfsmittel haben sich ebenso rasant entwickelt, wie die Elektronik der schnellen Signalverarbeitung und besonders die Laseroptik.

Im Modul "Messmethoden in der Strömungsmechanik" werden die wichtigsten mechanischen, elektrischen und optischen Messverfahren behandelt, die heute in der Forschung und Entwicklung eingesetzt werden.



- Versuchsanlagen für Modelluntersuchungen
- Verfahren zur Visualisierung von Strömungen
- Druckmessverfahren
- Kraftmessung
- Hitzdrahttechnik
- Laser Zwei Fokus Anemometer (L2F)
- Laser Doppler Anemometrie (LDA)
- Doppler Global Velocimetry (DGV)
- Particle Image Velocimetry (PIV)
- Particle Tracking Velocimetry (PTV)
- Schlierenverfahren
- Interferometer
- Thermographie
- Pressure Sensitive Paint (PSP)

#### Literatur

- Eckelmann H.: Einführung in die Strömungsmesstechnik. Teubner, 1997.
- Tropea C., Yarin A.L., Foss J.F.: Springer Handbook of Experimental Fluid Mechanics. Springer Verlag, 2007.
- Raffel M., Willert C., Wereley S., Kompenhans J.: Particle Image Velocimetry. Springer Verlag, 2007.

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 75 Minuten (Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel)

#### Verwendbarkeit

Die Inhalte des Moduls "Messmethoden in der Strömungsmechanik" vermitteln zentrale Begriffe der Messtechnik. Einige der vorgestellten Methoden werden in einer nachfolgenden Lehrveranstaltung, dem "Apparativen Praktikum Fluidodynamik", in den Laboren des Instituts für Strömungsmechanik in kleinen Gruppen angewendet. Zudem bereitet das Modul auf Messungen vor, die im Rahmen von Bachelor-/Masterarbeiten durchgeführt werden.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Moderne Methoden der Regelungstechnik</b>	1075

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. habil. Gunther Reißig	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10751	VL	Moderne Methoden der Regelungstechnik	Pflicht	2
10752	UE	Moderne Methoden der Regelungstechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				4

Empfohlene Voraussetzungen
„Höhere Mathematik“, „Technische Mechanik“, „Messtechnik“, „Experimentalphysik“, „Allgemeine Elektrotechnik“, „Steuer- und Regelungstechnik“ und „Regelungstechnik“.
Qualifikationsziele
Die Studierenden wissen, was Mehrgrößensysteme sind und beherrschen die im Modul vermittelten Methoden zur Analyse, Auslegung und Regelung solcher Systeme. Sie sind in der Lage zu erkennen, inwieweit die vermittelten Methoden auf vorgelegte praktische Problemstellungen anwendbar sind; ggf. können sie die Methoden sicher und wenn nötig unter Zuhilfenahme geeigneter Software zur Lösung der Problemstellung anwenden.
Inhalt
Gegenstand des Moduls sind lineare zeitinvariante Zustandssysteme mit mehreren Ein- oder Ausgängen, kurz „Mehrgrößensysteme“. Vermittelt werden systematische Methoden der Bestimmung und Vorgabe von Systemeigenschaften (Analyse und Auslegung) und des Entwurfs linearer Regler zur gezielten Beeinflussung von Systemeigenschaften (Regelung). Dazu werden u.a. folgende Themen behandelt: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gegenstand, Geschichte und typische Anwendungsbeispiele von Mehrgrößensystemen.</li> <li>2. Allgemeine Lösung, Koordinatentransformationen, Matrixexponentialfunktion.</li> <li>3. Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Normalformen.</li> <li>4. Übertragungsfunktion, Realisierbarkeit und Realisierung.</li> <li>5. Stabilitätsbegriffe und -kriterien.</li> <li>6. Zustandsrückführungen: Stabilisierung, Sollwertreglung, Entkopplung.</li> <li>7. Beobachter, Separationsprinzip.</li> <li>8. Störungen, Robustheit, I-Anteil.</li> <li>9. Elemente der Linearen Optimalen Regelung.</li> <li>10. Rechnergestützte Verfahren.</li> </ol>

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Antsaklis, Michel: A Linear Systems Primer, Birkhäuser 2007.</li><li>• Lunze: Regelungstechnik 2, Springer 2010.</li><li>• Sontag: Mathematical Control Theory, Springer 1998.</li><li>• Svaricek, F.: Zuverlässige numerische Analyse linearer Regelungssysteme, Teubner 1995.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten
<b>Verwendbarkeit</b>
Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen und angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Steuer- und Regelungstechnik. In diesem Studiengang: <ul style="list-style-type: none"><li>• Voraussetzung für Teilnahme am App. Praktikum „Regelungstechnik“</li><li>• Voraussetzung für das Modul „Filter und Schätzverfahren“</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt. Das Modul wird jedes Studienjahr angeboten.

Modulname	Modulnummer
<b>Moderne Strukturwerkstoffe</b>	1076

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Philipp Höfer Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Eric Jäggle	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10761	VL	Moderne Strukturwerkstoffe	Pflicht	3
10762	UE	Moderne Strukturwerkstoffe	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Bachelor-Studium

#### Qualifikationsziele

Dem Studenten werden ingenieurwissenschaftliche Inhalte vermittelt, die sich auf das mechanische Verhalten von Werkstoffen beziehen, die im Bereich der Luft- und Raumfahrt eingesetzt werden. Dazu gehören, faserverstärkte Kunststoffe (CFK), Metall-Kunststoffverbunde, z.B. GLARE, hochfeste Aluminium-werkstoffe sowie Titan- und Nickelbasislegierungen sowie Keramikverbundwerkstoffe. Das Hauptaugenmerk richtet sich dabei auf das mechanische Verhalten unter korrosiver Beanspruchung und bei hohen Temperaturen.

#### Inhalt

- Im ersten Abschnitt lernt der Student das mechanische Verhalten von Polymeren und Faserverbundwerkstoffen, bevorzugt auf Epoxidbasis, kennen. Dabei wird der amorphen Struktur des Werkstoffes dadurch Rechnung getragen, dass sowohl das energie- als auch das entropie-elastische Verhalten betrachtet wird.
- Darüber hinaus werden den Studenten die Grundlagen des Schädigungsverhaltens von Verbundwerkstoffen unter schwingender Beanspruchung vermittelt. Darin sind auch moderne Strukturwerkstoffe, wie z.B. ARALL und GLARE mit eingeschlossen.
- Der zweite Teil der Vorlesung beschäftigt sich mit dem Korrosionsverhalten von metallischen und polymeren Werkstoffen im Hinblick auf Spannungsriß- und Schwingungskorrosion.
- Im letzten Teil der Vorlesung gewinnen die Studenten Einblick in das mechanische Verhalten von Werkstoffen bei hohen Temperaturen. Hierbei wird dem Aspekt des Kriechens und der Kriechschädigung breiter Raum gewidmet.
- Auf dem Bereich LRT abzielend, erhalten die Studenten gezielte Informationen zum Schädigungsverhalten von keramischen Werkstoffen, wobei besonders den sog.

Verbundkeramiken (CMC) Aufmerksamkeit gewidmet wird. Darüber hinaus werden Strategien zur Duktilisierung von Keramiken dargestellt und ein Ausblick auf die zukünftige Materialentwicklung im Bereich LRT gegeben.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hornbogen E.: Metallische Werkstoffe, Springer Verlag, 2002.</li> <li>• Easterling K., Zschech E.: Werkstoffe im Trend. Berlin: Verlag Technik, 1996.</li> <li>• Easterling K.: Tomorrow's Materials. Dorchester, London: The Institute of Metals, the Dorset Press, 1988.</li> <li>• Ashby M.F., Jones R.H.: International Science and Technology. Vol. 34 &amp; 39. Oxford, New York: Pergamon Press.</li> <li>• Bd. I: An introduction to their properties and application. 1980.</li> <li>• Bd. II: An introduction to microstructure and design. 1986.</li> <li>• Courtney T.H.: Mechanical Behavior of Materials. Series in Materials Science and Engineering. McGraw-Hill, 1990.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 60 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten
<b>Verwendbarkeit</b>
Das erworbene Wissen befähigt den Studenten zum Verständnis von Strukturmaterialien im Bereich Zelle und Triebwerk in Bezug auf das mechanische Verhalten. Er wird in die Lage versetzt, Materialoptimierung für zukünftige Strukturbauteile der Luftfahrt vorzunehmen. Darüber hinaus kann er Schwachstellen der Materialien in Bezug auf Ermüdung und Korrosion erkennen und für Abhilfe sorgen.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Nichtgleichgewichts -Thermodynamik</b>	1077

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Mundt	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10771	VÜ	Nichtgleichgewichts-Thermodynamik	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Qualifikationsziele
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Studierenden können die Bedeutung der Nichtgleichgewichts-Thermodynamik bei ingenieurs-wissenschaftlichen Problemstellungen hinsichtlich Realisierbarkeit, Entropieproduktion und Quantifizierung erkennen.</li> <li>2. Die Studierenden können für sehr einfache Fälle quantitative und ansonsten qualitative Aussagen treffen.</li> <li>3. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die Annahmen, Begrenzungen und Vorteile der ggw. Möglichkeiten der Modellierungen der Kontinuums(fluid-) Mechanik zu beurteilen</li> </ol>
Inhalt
<p>Die Studierenden erkennen im Modul Nichtgleichgewichts-Thermodynamik zunächst die Bedeutung des Gebietes für reale Zustandsänderungen im Umfeld Luft- und Raumfahrttechnik und erwerben das Grundwissen zur Analyse und Beeinflussung von irreversiblen Prozessen.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Bedeutung der Nichtgleichgewichts-Thermodynamik bei Problemstellungen aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik. Insbesondere wird vermittelt, dass reversible Zustandsänderungen praktisch nicht vorkommen bzw. von sehr langen Zeitskalen begleitet sind.</li> <li>2) Davon ausgehend werden drei Haupt-Themengebiete in ihren Grundzügen betrachtet. <ul style="list-style-type: none"> <li>• linear phänomenologische Theorie zur Beschreibung diffusiver Effekte,</li> <li>• Aufstellung makroskopischer Bilanzgleichungen und</li> <li>• Aufstellung mikroskopischer Bilanzgleichungen.</li> </ul> </li> <li>3) Das erworbene Wissen wird durch die Anwendung auf einfache Beispielsituationen erweitert und relevante Anwendungen in numerischen Verfahren diskutiert.</li> </ol>
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung 75 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten

**Verwendbarkeit**

Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen und angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet von irreversiblen Prozessen.  
Beurteilungsfähigkeit von Einsatzgebieten von Theorie und darauf beruhenden Berechnungsverfahren bzw. entsprechender Einschränkungen.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 2. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
Numerische Mathematik	1078

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Klein	Wahlpflicht	4

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10781	VL	Numerische Mathematik	Pflicht	3
10782	UE	Numerische Mathematik	Pflicht	1
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Grundlagen der numerischen Mathematik und der Softwareentwicklung aus dem Bachelorstudium

Qualifikationsziele
<p>Sehr viele Vorgänge in der Luft- und Raumfahrttechnik können durch partielle Differentialgleichungen beschrieben werden. Diese Gleichungen, in Verbindung mit komplexen Randbedingungen, können nur behandelt werden, indem man sie drastisch vereinfacht oder numerisch löst.</p> <p>Durch die Verfügbarkeit von leistungsfähigen Computern hat die numerische Lösung in den letzten Jahrzehnten in der Praxis große Bedeutung gewonnen. Das Modul "Numerische Mathematik" stellt die grundlegenden Rechentechniken für die relevanten Typen von partiellen Differentialgleichungen vor. Das Verständnis des Stoffes wird durch das eigenständige Implementieren der erlernten Algorithmen in MATLAB vertieft. Die Studenten erlernen die Fähigkeit, die kommerziellen Rechenwerkzeuge, die in der industriellen Praxis in der Regel Anwendung finden, kritisch auszuwählen und zu nutzen.</p>

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersicht über die Grundtypen von linearen partiellen Differentialgleichungen und ihre physikalische Bedeutung</li> <li>• Grundzüge der Raum-Zeit-Diskretisation partieller Differentialgleichungen: Finite Differenzenverfahren, Finite Elementeverfahren, Finite Volumenverfahren.</li> <li>• Diskussion verschiedener Typen numerischer Fehler</li> <li>• Untersuchung der Konsistenz und Stabilität von Verfahren</li> <li>• Anwendung auf praktische Beispiele: Konvektionsgleichung, Wärmeleitungsgleichung, Wellengleichung</li> <li>• Selbstständige Programmierung der erlernten Algorithmen in MATLAB</li> </ul>



<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• W. Dahmen und A. Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer Verlag, 2008</li><li>• G. Evans, J. Blackledge, P. Yardley: Numerical Methods for Partial Differential Equations, Springer Verlag, 2000</li><li>• J.H. Ferziger, M. Peric: Numerische Strömungsmechanik, Springer Verlag, 2007</li><li>• C. Grossmann, H.G. Roos: Numerik partieller Differentialgleichungen, Teubner-Verlag, 2005</li><li>• P. Knabner, L. Angermann: Numerik partieller Differentialgleichungen, Springer Verlag, 2000</li><li>• W.H. Press, B.P. Flannery, S.A. Teukolsky und W.T. Vetterling: Numerical Recipes in Fortran (in C, in C++, in Pascal), Cambridge University Press</li><li>• A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerische Mathematik 1 &amp; 2, Springer Verlag, 2000</li><li>• H. Schwarz: Methode der Finiten Elemente, Teubner-Verlag, 1991</li><li>• Josef Stoer, Roland Bulirsch: Numerische Mathematik 1 und 2, Springer Verlag, Berlin 1994, 1990</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 120 Minuten (Hilfsmittel: selbst angefertigte Mitschrift aus der Vorlesung (1x DIN A 4 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 1 Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
Prozessrechentchnik	1080

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Wünsche	Wahlpflicht	4

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10801	VL	Prozessrechentchnik	Pflicht	2
10802	UE	Prozessrechentchnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Sinnvoll sind Grundlagenkenntnisse in einer höheren Programmiersprache und in Messtechnik

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden sollen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. wissen wann und wofür ein Prozessrechner eingesetzt werden muss.</li> <li>2. die wesentlichen Grundlagen des Hardware- Aufbaus von Prozessrechnern, sowie ihrer Daten Ein-/Ausgabe verstehen.</li> <li>3. verstehen, wie ein Prozessrechner funktioniert.</li> <li>4. einen Prozessrechner programmieren können.</li> <li>5. die Anforderungen an Realzeitbetriebssysteme für die Steuerung bzw. Regelung verstehen.</li> <li>6. die wesentlichen Programmier Techniken für Realzeitsysteme kennen.</li> </ol>

Inhalt
<p>Die Studierenden erwerben im Modul Prozessrechentchnik das Grundwissen über den Aufbau, die Anwendung und die Bedeutung von Prozessrechnern. Warum basieren die meisten Steuergeräte für technische Prozesse nicht auf normalen Windows PCs? Was bedeutet „Echtzeitverhalten“ und welche Hard- und Software-Architekturen sind hierfür notwendig? Im Einzelnen behandelt das Modul:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der Automatisierung mit Prozessrechnern: Was sind Prozesse, technische Prozesse und Rechenprozesse. Besondere Kennzeichen von Prozessrechnern. Anforderungen industrieller Kommunikation. Typische Beispielszenarien und Anwendungsgebiete für Prozessrechner. Fragen der Zuverlässigkeit und Sicherheit.</li> <li>2. Hardware Aufbau von Prozessrechnern: Kennenlernen typischer Subsysteme und Komponenten (Prozessor, Prozessorarchitekturen, Speicher, Peripherie), Multitasking Unterstützung (Betriebsmodi, Speicherverwaltungssysteme, Threads),</li> </ol>

<p>Ein-/Ausgabe-Architekturen (Bussysteme, Programmgesteuerte Ein-/ Ausgabe, Unterbrechungssysteme, DMA), Prozessperipherie (Analog- und Digital-I/O, Pulsweitenmodulation, Real-zeituhren), Prozess- und Feldbussysteme.</p> <p>3. Realzeitverhalten: Anforderungen und Softwarearchitektur Verarbeitung mehrerer Prozesse, Rechnerauslastung, Scheduling, Prozessorzuteilung in Mehrprozessorsystemen. Realzeitanforderungen. Prioritätsgesteuertes Scheduling und Deadline Scheduling. Realzeitbetriebssysteme und Programmtechniken für Realzeitsysteme.</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Färber G.: Prozessrechentchnik. Grundlagen, Hardware, Echtzeitverhalten. Berlin: Springer, 1994</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p> <p>Schriftliche Prüfung: 75 Minuten oder              Mündliche Prüfung: 30 Minuten</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p> <p>Prozessrechner finden sich in nahezu allen technischen Systemen als programmierbare Steuergeräte. Aber auch viele moderne Anzeige- und Messsysteme selbst basieren auf Prozessrechnern, wie z.B. moderne elektronische Avioniksysteme. Fortgeschrittene Anwendungen wie Assistenzsysteme zur Fahrzeugführung oder die Zentralrechner autonomer technischer Systeme basieren auf Prozessrechnern.</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p> <p>Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt.</p>

Modulname	Modulnummer
Raumfahrtantriebe	1081

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Mundt	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10811	VÜ	Raumfahrtantriebe	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

**Empfohlene Voraussetzungen**

Der Besuch der Vorlesung Aerothermodynamik, Raumfahrttechnik I und II wird empfohlen.

**Qualifikationsziele**

1. Die Studierenden können die Bedeutung der Raumfahrtantriebe bei technischen Problemstellungen hinsichtlich Machbarkeit, Technologie und zukünftigen Trends einordnen.
2. Die Studierenden können für einfache Anwendungsfälle Antriebskonzepte erstellen und berechnen.
3. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, für die jeweiligen Anwendungen sinnvolle Konfigurationen vorschlagen zu können.

**Inhalt**

Die Studierenden erwerben im Modul Raumfahrtantriebe das Grundwissen zu Raumfahrtantrieben und deren vielfältigen Anwendungsbereiche.

- 1) Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Bedeutung der Raumfahrtantriebe bei Problemstellungen aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik.
- 2) Ausgehend von den theoretischen Grundlagen, werden praktische Probleme diskutiert bis hin zu Fertigungsaspekten, Komponenten und operationellen Aspekten. Es werden z.B. behandelt:
  - Flüssigkeitsraketenantriebe
  - Feststoffraketen
  - Hybridraketen
  - Luftatmer
  - Elektrische Antriebe
  - Zukunftskonzepte

3) Nach Möglichkeit werden in einer Exkursion Industriefirmen mit entsprechenden Produktionen besucht.
<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 Flugkörper- und Raumfluggeräten.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 2. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
Regelungstechnik	1082

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. i.R. Ferdinand Svaricek	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10821	VL	Regelungstechnik	Pflicht	2
10822	UE	Regelungstechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse in „Höhere Mathematik“, „Technische Mechanik“, „Messtechnik“, „Experimentalphysik“, „Allgemeine Elektrotechnik“ und „Steuer- und Regelungstechnik“ des LRT-Bachelor Studiums.

#### Qualifikationsziele

1. Die Studierenden können das dynamische Verhalten von Eingrößenregelkreise anhand der Wurzelortskurven beurteilen und durch Anpassung des Reglers gezielt verändern.
2. Die Studierenden sind in der Lage die Stabilität eines Regelkreis anhand der Ortskurve und des Bodediagramms des offenen Kreises zu überprüfen.
3. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, Zustandsraummodelle von technischen Systemen aus unterschiedlichen Fachdisziplinen aufzustellen und deren Eigenschaften zu analysieren.
4. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, das dynamische Verhalten von Eingrößenregelkreise durch den Entwurf von linearen Zustandsrückführungen gezielt zu beeinflussen

#### Inhalt

Im Modul Regelungstechnik wird das in der Grundlagenvorlesung Steuer- und Regelungstechnik erworbene Grundwissen zur Analyse und Synthese linearer kontinuierlicher Regelungs- und Steuerungssysteme vertieft und erweitert:

- 1) Die Studierenden erhalten zunächst eine Einführung in die geometrische Stabilitätsanalyse mit Hilfe des Wurzelortskurvenverfahrens. Anschließend wird vermittelt, wie das WOK-Verfahren zur Synthese linearer dynamischer Regler eingesetzt werden kann.
- 2) Anschließend lernen die Studierenden verschiedene Methoden für die Modellierung, Beschreibung und Analyse des Verhaltens von dynamischen Systemen im Frequenzbereich kennen:

- Frequenzgang,
- Ortskurve und Bodediagramm,
- Phasenminimum- und Allpaßsysteme,
- Stabilitätsprüfung mit Hilfe des Nyquistverfahrens,
- Stabilitätsrand (Amplituden- und Phasenrand).

3) Dann wird die Beschreibung und Analyse dynamischer Eingrößensysteme im Zustandsraum behandelt. Neben der Vorstellung der grundlegenden Begriffe und Definitionen (Zustandsvariablen, Zustandsgleichung, Zustandstrajektorie, Steuer- und Beobachtbarkeit, Stabilität) werden auch elementare Methoden zur Analyse des dynamischen Verhaltens (Eigenwerte, Eigenbewegung, Stabilität) und der Steuer- und Beobachtbarkeit sowie wichtige Normalformen (Diagonal-, Regelungs- und Beobachtungsnormalform, Kalman-Zerlegung) vermittelt.

4) Die Studierenden werden dann mit den Grundlagen zur Synthese linearer Zustandsregler vertraut gemacht. Dabei werden im Einzelnen die folgenden Aspekte behandelt:

- Entwurf linearer Zustandsrückführungen,
- Zustandsbeobachter,
- Berücksichtigung von Störgrößen,
- erweiterte Regelungsstrukturen.

#### Literatur

- Lunze, J.: Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen. 5. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2006.
- Lunze, J.: Regelungstechnik 2: Mehrgrößensysteme, Digitale Regelung. 3. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2005.
- Unbehauen, H.: Regelungstechnik. Band I. 13. Auflage. Braunschweig: Vieweg und Sohn, 2005 .
- Unbehauen, H.: Regelungstechnik. Band II. 8. Auflage. Braunschweig: Vieweg und Sohn, 2000.

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 Minuten (30 Minute Fragenteil ohne Hilfsmittel und 60 Minuten Aufgabenteil mit allen Hilfsmitteln außer programmierbaren Taschenrechner) oder mündliche Prüfung 30 Minuten.

#### Verwendbarkeit

Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen und angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Steuer- und Regelungstechnik.

In diesem Studiengang:

- Voraussetzung für Teilnahme am Rechnerpraktikum „Regelungstechnik“
- Voraussetzung für Teilnahme am App. Praktikum „Regelungstechnik“
- Voraussetzung für das Modul „Moderne Methoden der Regelungstechnik“
- Voraussetzung für das Modul „Flugführungssysteme“
- Voraussetzung für das Modul „Dynamik und Regelung von Satelliten“
- Voraussetzung für das Modul „Filter und Schätzverfahren“

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
Satellitensysteme	1086

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Roger Förstner	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10861	VL	Satellitensysteme	Pflicht	2
10862	UE	Satellitensysteme	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden allgemeine ingenieurwissenschaftliche Grundlagen (Höhere Mathematik, Experimentalphysik, Technische Mechanik I-II, Strömungsmechanik, Thermodynamik, Allgemeine Elektrotechnik, Werkstoffkunde).

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden:

- Können die Besonderheiten verschiedener Raumfahrtmissionen aus systemtechnischer Sicht beurteilen.
- Können die Einflüsse der Weltraumumgebung auf das Design von Satellitensystemen einschätzen
- haben ein grundlegendes Verständnis für alle Subsysteme von Satelliten
- können für alle Subsysteme eine erste quantitative Auslegung durchführen

#### Inhalt

In dieser Vorlesung werden die wichtigsten Subsysteme, aus denen ein Satellit aufgebaut ist, vertieft betrachtet. Nach einer Darstellung der verschiedenen Segmente (Boden-, Transfer-, Raumsegment) aus denen eine Raumfahrtmission besteht und deren Verknüpfungen, werden zunächst die wichtigsten technischen Aspekte verschiedener Klassen von Raumfahrtmissionen (Erdbeobachtung, Telekommunikation, Navigation, planetaren und interplanetaren Exploration) und ihr Einfluss auf den Entwurf von Satellitensystemen erarbeitet. Nachfolgend werden die Besonderheiten der Weltraumumgebung dargestellt. Es wird der Einfluss des Vakuums, der kosmischen Strahlung, des Sonnenwindes, der planetaren Atmosphären und Magnetfelder auf Raumfahrzeuge beleuchtet und mögliche designtechnische Lösungen vorgestellt. Es werden dann die wichtigsten Subsysteme von Satelliten im Einzelnen untersucht (Energieversorgung, Lage- und Bahnregelung, Antriebe, Struktur und Mechanismen, Thermalregelung, Datenverarbeitung, Kommunikation). Dabei werden zunächst die theoretischen Grundlagen erarbeitet, dann verschiedene technische Lösungen



<p>vorgestellt und abschließend gezeigt, wie eine erste qualitative und quantitative Auslegung des Subsystems vorgenommen werden kann.</p> <p>Die Gliederung der Vorlesung sieht wie folgt aus:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Raumfahrtmissionen aus systemtechnischer Sicht</li><li>2. Einfluss der Weltraumumgebung auf Raumfahrzeuge</li><li>3. Satellitensubsysteme: Energieversorgung, Antriebssysteme, Lage- und Bahnregelung, Thermalregelung, Datenverarbeitung, Kommunikation, Mechanismen, Konfiguration und Struktur</li></ol>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ley, Wittman, Hallmann: Handbuch der Raumfahrttechnik</li><li>• Wertz J.R., Larson W.J.: Space Mission Analysis and Design</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung 90 Minuten</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 30 Minuten Frageteil: keine Hilfsmittel</li><li>• 60 Minuten Aufgabenteil: Skript, Formelsammlung, Taschenrechner</li></ul>
<b>Verwendbarkeit</b>
<p>Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen, angewandte Forschung sowie Projektmanagement auf dem Gebiet der Raumfahrt.</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 1. Master-Studienjahres statt.</p>

Modulname	Modulnummer
Sensortechnik	1087

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Wünsche	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10871	VL	Sensortechnik für Autonome Systeme	Pflicht	2
10872	UE	Sensortechnik für Autonome Systeme	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die im Modul "Messtechnik" vermittelten Kenntnisse, sowie gute Kenntnisse über physikalische Grundgesetze, Digital-Elektronik und Statistik.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- wissen aus welchen wesentlichen Elementen die Sensoren und Sensor-Plattformen eines autonomes System bestehen,
- verstehen die Funktionsweise der verwendeten Sensorsysteme,
- können die erlernten Kenntnisse im parallel stattfindenden Praktikum „Autonome Systeme“ beim Aufbau eines autonomen Modell-Fahrzeugs anwenden.

#### Inhalt

Die Studierenden erwerben im Modul „Sensortechnik für Autonome Systeme“ einen Überblick zur analogen und digitalen Meßtechnik, sowie detaillierte Einblicke in den Aufbau und die Verwendungsmöglichkeiten von Sensoren und von Sensorplattformen. Zunächst werden einige grundlegende Sensorprinzipien vorgestellt, worauf dann die wesentlichen internen und externen Sensorsysteme behandelt werden. Als Beispiel werden u.a. die im institutseigenen Fahrzeug eingebauten Sensorplattformen (Kamerasystem, LIDAR, Inertialplattform mit Dual GPS, ...) ausführlich erklärt. Ausgehend von einem Überblick über die Entwicklung und den derzeitigen Stand der Meßtechnik, der Sensortechnik und von Meßplattformen werden die folgenden Themenkreise behandelt:

- Einleitung und kurze Wiederholung von: Wozu benötigen wir Sensoren, Beispiele für Sensoren in Robotern und (autonomen) Fahrzeugen, Einteilung von Sensoren. Statistische Kenngrößen und typische Messfehler einschl. deren mathematischer Beschreibung. Sensormodelle und Sensoreigenschaften.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messkette – von der Messgröße zum Messwert im Rechner Signalaufbereitung, Abtastung, Abtasttheorem, Aliasing, Analog-Digital-Wandler, Digitale Signalübertragung, Serielle Bussysteme, Digital-Analog-Wandler</li> <li>• Grundlegende Sensorprinzipien; Positionssensoren: Grundlegende Sensorprinzipien und -effekte, wie Hall-Sensor, induktiver Sensor, kapazitiver Sensor, magnetoresistiver, piezoelektrischer und piezoresistiver Effekt. Interne Sensoren: Messung von Positionen und Geschwindigkeiten.</li> <li>• Messung von Beschleunigungen: Verschiedene Prinzipien zur Messung von Beschleunigungen. MEMS Sensoren. Kompass Sensoren. Drehratenmessung: Coriolis Kraft Prinzip und Sagnac Effekt; Kreiselkompass, Vibrationskreisel, MEMS Kreisel, Faserkreisel und Ringlaser.</li> <li>• Inertiale Messsysteme und inertielle Navigationssysteme: Inertiale Messsysteme (IMU): Plattform und Strap-down Technologie, Gimbal-Lock, typische Fehler. Inertiale Navigationssysteme (INS); Arten der Stützung: Zero Update, Magnetfeld, GNSS (GPS): lose, enge und sehr enge Kopplung. Satelliten-Navigations Systeme wie GPS, Glonass, Galileo.</li> <li>• Externe Sensoren: Landmarken Navigation: Natürliche und künstliche Landmarken. Leuchttürme, Funkfeuer, VOR und DME. Hyperbelnavigation und coastal Navigation. Kraft-Momenten-Sensor, 3D-Space Mouse, Taktile Sensoren, Näherungssensoren</li> <li>• Abstandsgebende Sensoren auf Basis Laufzeitmessung: Prinzip der Laufzeitmessung: Ultraschallsensoren, Radar und Lidar</li> <li>• Bildgebende Sensoren: Video- und Infrarotkameras, HD (hochauflösende) 3D Lidarsysteme, optische time-of-flight Kameras. Grundlagen der Modellierung, Abbildungsgleichungen, homogene Koordinaten.</li> <li>• Weiterführende Themen: Sensor-Timing, -Synchronisation und -Fusion. Out-of-sequence Messung.</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Everett H.R.: Sensors for Mobile Robots. Wellesley: Peters, 1995.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 75 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten
<b>Verwendbarkeit</b>
Autonome, kognitive Systeme werden zukünftig immer stärker in unser Leben vordringen. Fahr- und Flugzeuge werden nicht nur im militärischen Bereich um Assistenzsysteme erweitert, die einen zunehmend autonomen Betrieb ermöglichen. Roboter, die ihre Umgebung über einfache Sensoren und bzw. über komplexe Sensorplattformen wahrnehmen und sich in ihr situationsgerecht verhalten, werden nicht nur Soldaten zur Hand gehen, sondern auch in Fabriken sowie im häuslichen Umfeld schwere, monotone, gefährliche oder ermüdende Aufgaben übernehmen.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen</b>	1088

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Eric Jäggle	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10881	VL	Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen	Pflicht	2
10882	UE	Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen

Bachelor-Studium

Qualifikationsziele

- Die Studenten gewinnen einen Einblick in das Materialverhalten von 1- und 2-phasigen Leichtmetallen sowohl unter monotoner als auch unter schwingender Belastung.
- Sie lernen, mittels bruchmechanischer Hilfsmittel die Grenzen der Einsetzbarkeit von Werkstoffen zu bewerten.
- Darüber hinaus wird ihnen das Handwerkszeug der linearelastischen Bruchmechanik (LEBM) mitgegeben, um die Lebensdauer von vorgeschädigten und rissbehafteten Bauteilen abschätzen zu können.

Inhalt

- Im ersten Abschnitt des Moduls erhalten die Studenten eine grundlegende Einführung in die LEBM. Dabei werden die Grenzen der Anwendbarkeit im Hinblick auf duktil verformbare Werkstoffe wie z.B. Metalle, aufgezeigt. Es werden Kriterien angegeben die es erlauben, technische metallische Werkstoffe mittels der Bruchmechanik z.B. unter Berücksichtigung der Bruchzähigkeit zu qualifizieren. Zum Abschluss des Abschnitts wird das Versagen rissbehafteter Bauteile auf der Grundlage des sogenannten R-Kurvenkonzeptes behandelt. Dieses eröffnet den Studenten die Möglichkeit, sowohl für spröde Werkstoffe, wie Keramiken, als auch für duktile Werkstoffe, wie Metalle, das Materialversagen im Hinblick auf außen anliegende Kräfte und vorgegebene Risslängen für ein Bauteil rechnerisch abzuschätzen.
- Im 2. Abschnitt lernen die Studenten das Materialverhalten unter schwingender Beanspruchung kennen. Man spricht hier von sogenannter Materialermüdung.

Dabei wird sowohl dem Aspekt der Gesamtlebensdauer als auch dem der Lebensdauer angerissener Bauteile breiter Raum gewidmet. Letzteres ist im Sinne des Leichtbaukonzeptes für die Bauteilauslegung unerlässlich. Die Studenten lernen dabei, auf der Basis der Bruchmechanik die Rißausbreitung als Funktion der äußeren Beanspruchung zu erfassen und können daraus die Lebensdauer eines Bauteils näherungsweise bestimmen.

- Im letzten Teil der Vorlesung wird auf den Einfluss der Mittelspannung und der Kerbgeometrie im Hinblick auf die Rissausbreitung eingegangen. Darüber hinaus wird das Verhalten der sogenannten kurzen Risse besprochen, die sich der klassischen Bruchmechanik entziehen.

#### Literatur

- Broek D.: Elementary Engineering Fracture Mechanics. 5th rev. ed. Martinus Nijhoff Publishers, 1982.
- Schwalbe K.-H.: Bruchmechanik metallischer Werkstoffe. Carl Hanser Verlag, 1980.
- Heckel K.: Einführung in die technische Anwendung der Bruchmechanik. Carl Hanser Verlag, 1991.
- Suresh S.: Fatigue of materials. Cambridge Solid State Science Series, 1991.

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 75 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten

#### Verwendbarkeit

Das erworbene Wissen ist Voraussetzung für die Bewertung vorgeschädigter Bauteile im Hinblick auf ihre weitere Verwendbarkeit. Darüber hinaus lassen sich mit Hilfe der entwickelten Lebensdauerkonzepte metallische Strukturwerkstoffe im Sinne des Leichtbaukonzeptes optimieren.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Strukturdynamik</b>	1089

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Philipp Höfer	Wahlpflicht	2

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	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden Kenntnisse in "Festigkeitslehre" und "Schwingungslehre"

Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die wesentlichen Verfahren zur Lösung der klassischen Schwingungsgleichungen für Strukturen mit kleiner Dämpfung und einer beliebigen Zahl von Freiheitsgraden.</li> <li>• Die Studierenden können mit den Begriffen "Eigenfrequenz", "Eigenform", "Modale Masse", "Modale Steifigkeit", und "Modale Dämpfung" umgehen. Sie wissen, Aufgabenstellungen in "Frequenzbereich" bzw. "Zeitbereich" einzuordnen.</li> <li>• Die Studierenden kennen den Unterschied zwischen einer analytischen und einer numerischen Lösung der Schwingungsgleichung und können die zugehörigen Verfahren einsetzen.</li> <li>• Sie sind in der Lage, für ein gegebenes physikalisches Problem ein geeignetes mathematisches Ersatzmodell zu erstellen und dieses mit geeigneten Methoden zu lösen.</li> <li>• Die Studierenden können für einfache Aufgabenstellungen geeignete Näherungsverfahren einsetzen, um schnell erste Aussagen bzgl. des dynamischen Verhaltens von Strukturen machen zu können.</li> </ul>

Inhalt
<p>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.</p> <p>Das Modul gliedert sich in folgende Abschnitte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erzwungene Schwingungen von Masse-Feder-Systemen mit einem FHG analytische Lösungen, numerische Lösungen der Bewegungsgleichung.</li> <li>- Erzwungene Schwingungen von Systemen mit vielen Freiheitsgraden</li> </ul>

<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>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten (30 Minuten Fragenteil ohne Hilfsmittel, 60 Minuten Aufgabenteil mit allen Hilfsmitteln) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel)
<b>Verwendbarkeit</b>
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.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

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

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. i.R. Michael Pfitzner	Wahlpflicht	2

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
<ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>2. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, auch komplexere Wärmeübertragungsprobleme mittels analytischen Methoden zu analysieren und damit numerische Thermalsimulationen zu verifizieren.</li> <li>3. Die Studierenden besitzen ein vertieftes Verständnis der Eigenschaften der Wärmeübertragungsarten und deren physikalischem Hintergrund.</li> <li>4. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, kombinierte Wärme- und Stofftransportproblemstellungen selbstständig unter Verwendung von Standardliteratur zu lösen.</li> </ol>

Inhalt
<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> </ul>



<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
Weltraumphysik	1091

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Roger Förstner	Wahlpflicht	4

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10911	VL	Weltraumphysik	Pflicht	2
10912	UE	Weltraumphysik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				4

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse in Höherer Mathematik sowie in der Regelungstechnik.

#### Qualifikationsziele

- Die Studierenden können die in der Vorlesung behandelten Themen der Weltraumphysik (Zeit- und Koordinatensysteme, Geopotenzial, Bahnmechanik, Bahnbestimmung, Bahntransfer) zeitgemäß einordnen.
- Die Studierenden lernen Berechnungsverfahren zur Bahnbestimmung im erdnahen und im interplanetaren Raum anzuwenden und Messverfahren (wie Doppler- und Ranging-Verfahren) zu verstehen.
- Die Studierenden wissen die aus der Störungstheorie folgenden Auswirkungen auf Satellitenbahnen zu berechnen und deren Bedeutung für die Durchführung von Raumfahrtmissionen einzuschätzen.
- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, Berechnungen für Bahntransfer-Manöver im interplanetaren Raum vorzunehmen und dabei das Konzept der Einflussphären anzuwenden.

#### Inhalt

Die Studierenden erwerben im Modul Weltraumphysik die für die Auslegung von Raumflugmissionen wichtigen Zusammenhänge unterschiedlicher Zeit- und Koordinatensysteme kennen.  
Es werden Methoden der Bahnbestimmung (Winkel, Doppler- und Laufzeitverfahren) zur Bestimmung der Bahnelemente vorgestellt. Das Gravitationspotenzial eines ausgedehnten Körpers wird abgeleitet, das Mehrkörperproblem sowie die Grundlagen der Störungstheorie werden am Beispiel erdnaher und geostationärer Bahnen behandelt; ebenso wichtige Berechnungsmethoden und missionstechnische Konzepte, wie die

<p>„Einflussosphäre“, „Patched Conics“ Methode und „Gravity Assist“ Manöver, die beim interplanetaren Bahntransfer Anwendung finden.</p> <p>Die Vorlesung gliedert sich in:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bezugssysteme und Zeitreferenz</li><li>• Keplerbahn, Bahnelemente, Bahnübergänge</li><li>• Bestimmung von Satellitenbahnen</li><li>• Bahnstörungen</li><li>• Spezielle Satellitenbahnen</li><li>• Interplanetare Bahnen</li><li>• Interplanetarer Transfer</li></ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Curtis: Orbital Mechanics for Engineering Students</li><li>• Steiner, Schagerl: Raumflugmechanik</li><li>• Messerschmid, Fasoulas: Raumfahrtsysteme</li><li>• Ley, Wittman, Hallmann: Handbuch der Raumfahrttechnik</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung 90 Minuten</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 30 Minuten Frageteil: keine Hilfsmittel</li><li>• 60 Minuten Aufgabenteil: Skript, Formelsammlung, Taschenrechner</li></ul>
<b>Verwendbarkeit</b>
<p>Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen sowie angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Dynamik und Lageregelung von Satelliten.</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt.</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Algorithmen und Datenstrukturen in C++</b>	1109

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Finsterwalder	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11091	VÜ	Algorithmen und Datenstrukturen in C++	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der objektorientierten Programmierung in C++.
Qualifikationsziele
Die Lehrveranstaltung gibt eine Einführung in den Aufbau und die Anwendung der Standard Template Library(STL).
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Templates</li> <li>• Algorithmen</li> <li>• Container, Adapter, Iteratoren</li> </ul>
Leistungsnachweis
sP-90
Verwendbarkeit
Erstellung von Software für technische Anwendungen. Masterarbeit auf dem Gebiet der Ingenieurinformatik.
Dauer und Häufigkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Modul dauert 1 Trimester.</li> <li>• Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.</li> </ul>

Modulname	Modulnummer
Einführung in die Klebtechnik	1154

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
PD Dr.-Ing. habil. Jens Holtmannspötter	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11541	VL	Einführung in die Klebtechnik	Pflicht	2
11542	UE	Einführung in die Klebtechnik	Pflicht	1
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Technische Mechanik, Werkstoffkunde

Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studenten gewinnen einen Einblick in das interdisziplinäre Zusammenspiel von Faktoren, die das Fügeverfahren "Kleben" bestimmen.</li> <li>• Vor dem Hintergrund von Leichtbauanwendungen mit metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen der Luft- und Raumfahrt, lernen sie die Wechselwirkung zwischen Fügeteilerflächen und Klebstoff zu verstehen. Zusätzlich werden die Grundlagen für das Realisieren einer klebgerechten Konstruktion vermittelt.</li> <li>• Die Studierenden kennen nach erfolgreichem Bestehen des Moduls die Verfahren zur klebtechnischen Oberflächenvorbehandlung der verschiedenen Werkstoffe, die Anwendungsbereiche für unterschiedliche polymere Klebstoffe sowie die beim Kleben zu berücksichtigende Belastungen (Klima, Medien, Kräfte).</li> <li>• Darüber hinaus werden die Studenten in die Lage versetzt, unter Berücksichtigung der Konstruktion von Bauteilen die Eigenschaften und die wichtigsten mechanischen Kennwerte von Klebeverbindungen beurteilen zu können.</li> </ul>

Inhalt
<p>Neue Technologien sind häufig an den Einsatz von Werkstoffkombinationen und damit an leistungsfähige Fügeverfahren gebunden. Um komplexe Strukturen realisieren zu können, bietet sich hier die strukturelle Klebtechnik an. Sie ist geeignet, beliebige Fügeteilwerkstoffe hochfest zu verbinden. Weitere Vorteile sind die spannungsarme Krafteinleitung und die Tatsache, dass im Vergleich zu anderen Fügeverfahren keine Fügeteilschädigung notwendig ist. Ein Hauptanwendungsgebiet der Klebtechnik ist der Leichtbau. Aufgrund der Aktualität und der Zukunftsbedeutung des Themas für die Herstellung und Reparatur von militärischen Leichtbaustrukturen werden spezielle Fragen</p>

der Klebtechnik, der Struktur von Oberflächen, der Oberflächenanalytik sowie zum Fügen von Metallen und Faserverbundwerkstoffen bearbeitet.

Im Rahmen der Vorlesung werden folgende Themen vermittelt:

- Fügeverfahren, Randbedingungen, Vor- und Nachteile
- Chemie der Fügeteiloberfläche und Oberflächenanalytik
- Adhäsionsmodelle, Wechselwirkung Fügeteil / Klebstoff
- Bedeutung von klebtechnischen Oberflächenvorbehandlungsverfahren
- Physikalische und chemische Oberflächenvorbehandlungsverfahren
- Klebstoffe und Klebstoffauswahl
- Eigenschaften von Klebeverbindungen
- Berechnung von Klebeverbindungen
- Prüfung von Klebeverbindungen
- Fügen metallischer und polymerer Werkstoffe, Reparaturverfahren
- Anwendungen der Klebtechnik / Lehren aus klebtechnischen Schadensfällen

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 60 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten

#### Verwendbarkeit

Das Modul "Einführung in die Klebtechnik" liefert das notwendige Basiswissen für die Anwendung der strukturellen Klebtechnik im Leichtbau und bei Reparaturen.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik	1160

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. Martin Strösser	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11601	VL	Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik	Pflicht	2
11602	UE	Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik	Pflicht	1
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Erforderlich: Ingenieurmathematik & Physik aus dem Bachelorstudium

Erwünscht: Höhere Mathematik

(Fehlende Grundlagen werden nötigenfalls in der Vorlesung erarbeitet)

#### Qualifikationsziele

Zielgruppe sind Studenten, die Interesse am Anwenden der im Laufe des Studiums gelernten Mathematik haben, insbesondere für den „alltäglichen“ Gebrauch. Anhand praktischer (und spannender) Beispiele aus Natur und Technik sollen insbesondere die Eleganz wie auch der weitreichende Nutzen des jeweiligen mathematischen Ansatzes deutlich werden.

Da in den Grundlagen-Vorlesungen der Ingenieurmathematik, Höheren Mathematik und Physik oft zu wenig Zeit bleibt, anwendungsbezogene Beispiele „von Anfang bis Ende“ durchzurechnen, soll in dieser Vorlesung die Behandlung obiger Fragestellungen in aller Ausführlichkeit erfolgen, also „vom Ansatz bis zum Einsatz“. Dabei werden mathematische Methoden, physikalische Grundlagen und technische Anwendungen zu einer umfassenden Beschreibung der Situation verbunden.

#### Instrumentale Kompetenzen

Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, verschiedene mathematische Methoden auf alltägliche Probleme anzuwenden.

**Systematische Kompetenzen**

Die Studierenden können die in der Mathematik erlernten Hilfsmittel auf neue, unterschiedliche Problemstellungen anwenden Sie lernen, auf wissenschaftlichen Grundlagen basierte Entscheidungen zu treffen und zu bewerten.

**Kommunikative Kompetenzen**

Die Studierenden können komplexe mathematische Zusammenhänge fachgerecht erklären und gegenüber fachlich vertrauten Gesprächspartnern kompetent vertreten.

**Soziale Kompetenzen**

Die Studierenden lernen, ihre mathematische Fähigkeiten in konkrete Berechnungsstrategien umzusetzen und miteinander auszuprobieren.

**Inhalt**

Kinematische Fragestellungen, z.B.

- Ballistik: Optimierung von Schuss-/Wurfprozessen unter Berücksichtigung äußerer Einflüsse (Reibung, Wind, etc)
- Gedämpfter freier Fall mit Massenlagerung (Wolke/Regentropfen)
- Physikalische Aspekte des Handy-Spiels "Angry Birds"
- Abhebepunkt bei abschüssigen Bahnen

Schwindungsprozesse

- Freier Fall durch die Erde
- Schwingungstilger in Wolkenkratzern

Anwendung analytischer Geometrie, z.B.

- Optimale Ausrichtung von Photovoltaikanlagen für den Heimgebrauch (Dachmontage)
- Kettenlinie und Zykloide

**Leistungsnachweis**

Studienarbeit (Konstruktionsarbeit)

**Verwendbarkeit**

Fächerübergreifend in allen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen.



Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
<b>Projektmanagement CAE</b>	1170

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Harald Hagel	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11701	VL	Projektmanagement	Pflicht	3
11702	UE	Projektmanagement	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Qualifikationsziele

Das Modul „Projektmanagement“ vermittelt Planungsgrundsätze zur Projektarbeit. Das Lehrmodul stellt somit Planungsmethoden in den Mittelpunkt des Vorlesungszyklus, indem das Miteinander von Technik- und Wirtschaftswissenschaften zentrales Element der Wissensermittlung darstellt. Die Studierenden werden somit in die Lage versetzt die Wirkungen von Projektmanagementmethoden aus technischer, administrativer und kaufmännischer Sicht einer Wertung zu unterziehen. Ziele sind somit:

- Grundlegende Kenntnisse über Projekt-Management-Methoden zu erwerben.
- Klare Unterscheidung zwischen aufbauorientierter und ablauforientierter Sichtweise auf ein Unternehmen zu gewinnen, um somit projektorientierte Unternehmensformen analysieren zu können.
- Beherrschung der Aufnahme, Analyse und Bewertung der Gesamtheit der Anforderungen des Auftraggebers an die Lieferung und Leistungen des Auftragnehmers und deren Verbindung zu bzw. Einbindung in ein Projekt verstehen zu lernen.
- Kenntnisse über die Leistungserstellung mit Projektcharakter zu erhalten.

#### Inhalt

Durch die Wahrnehmung von Projekten als soziale Systeme und die Beobachtung der gestiegenen Komplexität und Dynamik des Unternehmensalltags und damit von darin ablaufenden Projekten wird in Teil 1 des Moduls das Unternehmen in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt. Dabei wird Basiswissen zur Funktionsweise eines Unternehmens vorgestellt. Teil 2 der Vorlesung stellt ausgehend vom Projektmanagementregelkreis den Planungsablauf, sowie darin zum Tragen kommende Planungsmethoden vor. Dabei folgt der Modul mit der angesprochenen Zweiteilung den nachfolgenden Schwerpunkten:

TEIL 1: Basiswissen zur Funktionsweise eines Unternehmens

- Grundbegriffe des Systemdenkens
- Organisationsformen im Unternehmen
- Leistungserstellungsgedanke im Unternehmensalltag

- Projektmanagement im unternehmerischen Umfeld
- Entwicklungsstand und Perspektiven des Projektmanagement aus Sicht des Unternehmensalltag

TEIL 2: Planungsablauf und Planungsmethoden auf Basis des Projektmanagementgedankens

- Bestimmung der Projektorganisation
- Von einer hierarchischen Gliederung der Projektziele zu Aufgaben und möglichen Aufgabenpaketen
- Grundlagen zu Produkt-, Projektstrukturplan und technischer Planung
- Einführung in den Projektmanagementregelkeis und branchenspezifischer Phasenpläne
- Anwenden eines Projektablaufplanes
- Identifikation und Handhabung von Projektrisiken
- Grundaufgaben der Terminplanung
- Netzplantechnik als spezielle Ausprägung der Ablaufplanung
- Einsatzmittelplanung
- Kostenplanung

Grundlagenwissen wird durch die Studenten mittels vorgegebener Kontrollfragen für jeden Modulabschnitt vertieft aufbereitet und von ihnen präsentiert. Transferwissen von Inhalten der Vorlesung sollen von den Studenten selbständig auf vorgegebene Fallbeispiele angewandt und mittels einer Lösungsskizze im Rahmen der Übung vorgestellt werden.

Literatur

- BURGHARDT, MANFRED: Projektmanagement. Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Entwicklungsprojekten; Publicis MCD Verlag (2000)
- GAREIS, ROLAND: Happy Projects; MANZ´sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung (2006)
- MAYLOR, HARVEY: Project Management; Prentice Hall, Person Education Limited (2010)

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 1 Stunde Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird jeweils zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Das Modul ist für jeden Masterstudiengang gleichermaßen geeignet. Das Modul behandelt querschnittliche Fragestellungen der Projektarbeit und stellt somit für jeden technikorientierten Studiengang Kenntnisse zur Projektplanung zur Verfügung.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.  
Das Modul beginnt jedes Studienjahr im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
<b>Prozessmanagement und Engineering Standards</b>	1171

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Harald Hagel	Wahlpflicht	4

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11711	VL	Prozessmanagement und Engineering Standards	Pflicht	3
11712	UE	Prozessmanagement und Engineering Standards	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

## Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Grundkenntnisse der Funktionalbereiche eines Unternehmens, sowie Basiswissen zur Modellierung betrieblicher Aufbau- und Ablaufstrukturen.

## Qualifikationsziele

Das Modul „Prozessmanagement und Engineering Standards“ vermittelt eine ganzheitliche Sichtweise auf den Industrie- und Dienstleistungsbetrieb. Das Lehrmodul stellt somit das „Soziotechnische-System“ in den Mittelpunkt des Vorlesungszyklus, indem das Miteinander von Management-, Kern- und Supportprozessen zentrales Element der Wissensvermittlung darstellt. Wissenschaftlich fundierte und praxiserprobte Engineering Standards zur Lösung komplexer Unternehmens-Herausforderungen, sowie deren Wichtigkeit und Verfügbarkeit für den Unternehmensalltag werden vorgestellt. Die Studierenden werden somit in die Lage versetzt den Veränderungsprozess als Mittelpunkt aller Überlegungen und Maßnahmen für eine langfristige erfolgreiche Problemlösung zu erkennen. Im Übungsteil lernen die Studierenden den praktischen Umgang mit einem Geschäftsprozessmanagementtool im Sinne eines Problemlösungswerkzeuges. Ziele sind somit die Bedeutsamkeit des Denkens in Prozessen im Rahmen des unternehmerischen Alltags (Managements) zu erkennen, die Beherrschung der Aufnahme, Analyse und Bewertung von Funktionalbereichen des Industriebetriebes und deren prozessorientierte Darstellung als Ausgangspunkt eines Reengineering verstehen zu lernen und Kenntnisse über die Leistungserstellung mit Projektcharakter zu erhalten.

## Inhalt

In der Vorlesung lernen die Studierenden den Industrie- und Dienstleistungsbetrieb, den Prozessgedanken im Unternehmen sowie das Prozessmanagement auf Basis

von Engineering Standards kennen. Dabei folgt der Modul mit der angesprochenen Dreiteilung den nachfolgenden Schwerpunkten:

Der Industrie- und Dienstleistungsbetrieb mit seinen jeweils unterschiedlichen Ansprüchen

- Produkte des Industriebetriebes / Leistungen des Dienstleistungsbetriebes
- Produktionsunternehmen in ihrer Umwelt
- Der rechnergestützte Industriebetrieb und der Prozessgedanke zu CIM
- Technische Prozesse im Industriebetrieb

Der Prozessgedanke im Unternehmen

- Einführung in das Geschäftsprozessmanagement
- Vom Wertkettenkonzept zum Wertschöpfungssystem
- Die Modellwelt zum Prozessmanagement
- Geschäftsprozessmanagement aus Sicht der angewandten Informatik
- Methoden zur Beschreibung von Abläufen
- Vorgehens- und Referenzmodelle
- ARIS als Modellierungswerkzeug
- Istmodellierung und Istanalyse, Sollmodellierung und Prozessoptimierung

Prozessmanagement mit Engineering Standards

- Einführung in die Engineering Standards, sowie Abgrenzung gegen IT-, Software- und Prozess-Standards
- Der Nutzen von Engineering Standards
- Implementierungsunterstützung zu Engineering Standards

Grundlagenwissen wird durch die Studenten mittels vorgegebener Kontrollfragen für jeden Modulabschnitt vertieft aufbereitet und von ihnen präsentiert. Transferwissen von Inhalten der Vorlesung sollen von den Studenten selbständig auf vorgegebene Fallbeispiele angewandt und mittels einer Lösungsskizze vorgestellt werden. Im Rahmen dieser Fallbeispiele werden exemplarisch querschnittliche Fragestellungen zum Geschäftsprozessmanagement behandelt.

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 1 Stunde Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird jeweils zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

#### Verwendbarkeit

Das Modul ist für jeden Masterstudiengang gleichermaßen geeignet. Das Modul behandelt grundlegende Fragestellungen zum Industriebetrieb/ Dienstleistungsunternehmen und stellt somit für jeden technikorientierten Studiengang Basiswissen zum prozessorientierten Denken in Unternehmen zur Verfügung.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.  
Das Modul beginnt jedes Studienjahr im Frühjahrstrimester.

Modulname	Modulnummer
Maschinendynamik	1191

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Lion	Wahlmodul	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11911	VL	Maschinendynamik	Pflicht	2
11912	UE	Maschinendynamik	Pflicht	1
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die Module "Technische Mechanik I und II", "Technische Mechanik III" und "Höhere Mathematik".

#### Qualifikationsziele

- Die Studierenden erlernen ausgewählte Grundbegriffe und ingenieurmäßige Methoden der Maschinendynamik.
- Die Studierenden sind in der Lage, Schwingungen von Maschinen zu verstehen.
- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, einfache schwingungsfähige Systeme mathematisch/physikalisch zu modellieren, zu untersuchen, die Ergebnisse zu interpretieren und zu verstehen.

#### Inhalt

Die Studierenden erwerben im Modul Maschinendynamik ausgewähltes Grundwissen sowie ingenieurmäßige Vorgehensweisen zum physikalischen Verständnis und zur Abschätzung bzw. Berechnung des dynamischen Verhaltens von einfachen Maschinen und Rotoren.

- Physikalische und mathematische Modellbildung, Methoden zur Aufstellung der Bewegungsgleichungen nach Lagrange sowie zur Charakterisierung von Schwingungen.
- Schwingungsfähige Systeme mit einem und mehreren Freiheitsgraden, modale Eigenfrequenzen und modale Dämpfungen.
- Erzwungene Schwingungen und Resonanzphänomene, Anregungsarten, periodische Anregungen durch Massenkräfte verschiedener Ordnung.
- Auswuchten und Massenausgleich von starren Rotoren.
- Methoden zur Schwingungsisolierung, Schwingungsdämpfer und Schwingungstilger, elastische Lagerung von Maschinen, Abschätzung der Eigendynamik bzw. der 1. Eigenfrequenz von Maschinenlagern.

- Grundlagen zum Verständnis der Dynamik von biegeelastischen Rotoren mit Exzentrizität, Laval Rotoren mit starrer sowie mit anisotroper elastischer Lagerung, Aufstellung und Lösung der Bewegungsgleichungen, Selbstzentrierung und kritische Drehzahlen.

**Literatur**

- Dresig H., Holzweißig F.: Maschinendynamik. Springer Verlag.
- Sachau D., Brommundt E.: Schwingungslehre mit Maschinendynamik, Teubner Verlag.
- Irretier H.: Grundlagen der Schwingungstechnik Band 1 und 2. Springer Verlag.
- Hollburg U.: Maschinendynamik. Oldenbourg Verlag.
- Gasch R., Nordmann R., Pfützner H.: Rotordynamik. Springer Verlag.

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung 60 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten

**Verwendbarkeit**

Das erworbene Wissen ist Voraussetzung für angewandte Forschung und Entwicklung auf den entsprechenden Gebieten der Luft- und Raumfahrttechnik. Das Modul Maschinendynamik bildet die Grundlage für weiterführende Lehrveranstaltungen des

Masterstudiums.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert ein Trimester und wird einmal im Jahr angeboten.

Modulname	Modulnummer
<b>Antennentechnik und EMV in der Kommunikationstechnik</b>	1290

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12901	VÜ	Antennentechnik	Pflicht	3
12902	VÜ	EMV in der Kommunikationstechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</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
<p>Lehrveranstaltung a):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu passiven Antennen und deren Dimensionierung,</li> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu aktiven Antennen und deren Dimensionierung,</li> <li>- Grundkenntnisse zu Rauschvorgängen und zur Bedeutung des Außenrauschens,</li> <li>- Grundkenntnisse über hochlineare rauscharme Verstärkerkonzepte,</li> <li>- Grundkenntnisse zur speziellen Problematik von Mobilfunkkommunikation.</li> </ul> <p>Lehrveranstaltung b):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu Kopplungsmechanismen bei ortsunabhängigen Spannungen und Strömen,</li> <li>- Detaillierte Kenntnisse zur Leitungs- und Strahlungskopplung,</li> <li>- Grundkenntnisse zur Strahlungsexposition,</li> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu HF-Messgeräten für die EMV,</li> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu Maßnahmen zur Sicherstellung der EMV.</li> </ul>

Inhalt
<p>Lehrveranstaltung a): <b>Antennentechnik (Prof. Hopf)</b></p> <p>Passive Antennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Antenne als Wellentypwandler zwischen Freiraumwelle und leitungsgeführter Welle,</li> <li>- Dimensionierungsaspekte für elektrisch kurze Antennen im Sendefall über eine Leistungsbetrachtung,</li> </ul>



- Rauschtemperatur des Außenraumes und fiktive Temperatur des Strahlungswiderstands,
- Rauschkenngrößen von Verstärkern und Empfängern,
- Dimensionierungsaspekte für elektrisch kurze Antennen im Empfangsfall über eine Betrachtung des Signal-Rauschabstands,
- Prinzipien zur Erzeugung von Richtwirkung,
- Beispiele von Richtantennen für technisch eingesetzte Funkdienste,
- Überblick über Antennenberechnungsverfahren.

#### Aktive Antennen

- Definition der aktiven Antenne,
- Anwendbarkeit und Vorteile dieses Prinzips, erläutert an Beispielen technisch eingesetzter aktiver Antennen,
- Anforderungen an die Verstärker, Besonderheiten der Schaltungstechnik,
- Dimensionierungsaspekte des Verstärkers unter Berücksichtigung von Rauschen und nichtlinearen Verzerrungen für aktive Antennen bei Frequenzen mit hohem Außenrauschen (kHz- und MHz-Bereich), insbesondere rauscharme Gegenkopplungstechniken,
- Dimensionierungsaspekte unter Berücksichtigung von Rauschen und nichtlinearen Verzerrungen für aktive Antennen bei Frequenzen mit geringem Außenrauschen (GHz-Bereich), insbesondere "Figure of merit" bzw. G/T.

#### Besonderheiten von Antennen für mobilen Einsatz

- Problematik des Mehrwegeempfangs,
- Zwang zur Miniaturisierung,
- Anwendung statistischer Messverfahren zur Qualitätsermittlung.

#### Lehrveranstaltung b): **EMV in der Kommunikationstechnik (Prof. Reiter)**

- Kopplungsmechanismen bei ortsunabhängigen Strömen und Spannungen (Induktive, kapazitive und gemischt induktive u. kap. Kopplung, Impedanzkopplung),
- Leitungskopplung bei hochfrequenten Signalen (TEM-Wellen, Leitungstransformation, Skineffekt, Verkopplung von Leitungswellen, Leitungsbauformen, Schlitzleitungen, Drahtwellenleiter, Mantelwellen),
- Strahlungsgekoppelte Störeinkopplungen (Von der Leitungswelle zur Freiraumwelle, Feld-komponenten des Hertz'schen Dipols, Kenngrößen von Antennen, effektive Höhe und Absorptionsfläche im Empfangsfall, Kreisrahmenantenne, Breitbandantennen für die EMV-Messtechnik, Schnüffelsonden, Freifeldantennenmessungen, Numerische Berechnung elektromagnetischer Felder),
- Elektromagnetische Strahlenexposition (Grenzwerte, Messergebnisse zur elektromagnetischen Strahlungsbelastung),
- HF-Messgeräte für die EMV (HF-Störmessgeräte, bewertete Messungen, Suszeptibilitätsmessungen),
- Maßnahmen zur Sicherstellung der EMV (Schirmungsmaßnahmen, Verringerung von Verkopplungen).

#### Literatur

##### Lehrveranstaltung a):

- K. Fujimoto, J.R. James: "Mobile Antenna Systems Handbook - Chapter 5"; Artech House, 1994,
- Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik - Kap. N"; Springer Verlag, Berlin, 1986.

Lehrveranstaltung b): - E. Habiger: "Elektromagnetische Verträglichkeit", Hüthig Verlag, Heidelberg, 1998, - A. Weber: " EMV in der Praxis", Hüthig Verlag, Heidelberg; 1996.
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 min Dauer (mP-30) mit gleichen Anteilen für Lehrveranstaltung a) und b). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul aller Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Elektrotechnik und Informationstechnik" sowie des M.Sc.-Studiengangs "Mathematical Engineering"
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Modulname	Modulnummer
Rechnergestützte Layoutverfahren	1389

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Christoph Deml	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13891	VÜ	Rechnergestützte Layoutverfahren	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden verstehen die mathematischen Grundlagen zur Layoutsynthese und können diese auch eigenständig anwenden.</p> <p>Vertiefende Kenntnisse der Funktion und des Ablaufs von Algorithmen zum Verdrahten und Platzieren befähigen die Studierenden zu einem optimaleren Einsatz von CAD-Software zur Layoutsynthese und helfen bei der dabei notwendigen eigenverantwortlichen Problemlösung.</p> <p>Die Studierenden erwerben die Kompetenz, verschiedene Entwurfskonzepte für die Layoutsynthese zu beurteilen.</p>
Inhalt
<p>In diesem Modul erhalten die Studierenden eine Einführung in die Grundlagen der Layoutsynthese.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hierzu erhalten sie einen Überblick über verschiedene Zelltypen wie Standardzellen, Sea of Gates und Makrozellen.</li> <li>• Die Studierenden werden mit den Randbedingungen beim Zellen-Design und</li> <li>• den mathematische Grundlagen der Layoutsynthese bekannt gemacht.</li> </ul> <p>Das Verdrahten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wird mit der Konstruktion von Verbindungsnetzen eingeführt.</li> <li>• Die Studierenden lernen anschließend, wie solche Netze mittels Pfadalgorithmus, Labyrinthalgorithmus und Lee-Algorithmus sowie</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Channel-Routing automatisiert erstellt werden.</li></ul> <p>Zum Platzieren wird ebenfalls ein Algorithmus vermittelt.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
sP-60
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Verständnis von Layoutverfahren ist Hilfreich sowohl beim händischen als auch beim automatisierten Layoutentwurf von integrierten Schaltungen oder Leiterplatten (PCB).
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester und beginnt jeweils im Herbsttrimester des 2. Studienjahres. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten. Nach Absprache mit den Teilnehmern kann das Modul alternativ in der vorlesungsfreien Zeit des 1. Studienjahres als Blockunterricht angeboten werden.

Modulname	Modulnummer
Verteilte Internetanwendungen	1410

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Erwin Riederer	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	48	42	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14101	P	Verteilte Internetanwendungen	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Die Studierenden sind mit der Entwicklung von objektorientierten Programmen in Java vertraut und bringen Grundkenntnisse des Software-Engineerings mit.  
Beschränkung der Teilnehmerzahl: 8

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick zu ausgewählten Internet-Technologien.

- Die Studierenden können Mittel und Verfahren zum Aufbau verteilter Anwendungen beschreiben.
- Die Studierenden können beispielhaft Entwicklungswerkzeuge anwenden.
- Die Studierenden können einzelne softwaretechnische Problemstellungen erkennen und geeignete Lösungsmuster implementieren.
- Die Studierenden können einzelne Technologien verteilter Anwendungen in einem Beispielprojekt anwenden und z.B. eigene Web-Services entwickeln.
- Die Studierenden können passend zu Anforderungen an eine verteilte Anwendung die Architektur und den Aufbau einer Lösung entwerfen.

#### Inhalt

Die Studierenden erwerben weiterführende Kenntnisse in den Themengebieten:

- Überblick zu relevanten Internet-Technologien
- Kommunikationsverfahren und Protokolle
- Architektur verteilter Anwendungen
- Server Technologien
- Client Technologien
- Beispielanwendungen und Werkzeuge

Das erworbene Wissen wird einem praxisnahen Beispielprojekt vertieft und angewendet. Das Modul steigert die Methodenkompetenz eine anforderungsgerechte Architektur einer Software-Lösung zu entwerfen.

**Leistungsnachweis**

mP-20

**Verwendbarkeit**

Studentische Arbeiten im Bereich der Internettechnologien

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 1 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Modulname	Modulnummer
Simulation technischer Prozesse	1411

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Walter Waldruff	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14322	VÜ	Simulation technischer Prozesse	Wahlpflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Höheren Mathematik Kenntnisse der Technischen Mechanik Hinweis: Kenntnisse der Kraftfahrzeugtechnik werden nicht vorausgesetzt.
Qualifikationsziele
Kenntnis und Fähigkeit zur Modellierung technischer Systeme und der gezielten Nutzung von Software-Werkzeugen für die durchgängige Simulation und Optimierung von Prozessabläufen sowie für die interdisziplinäre, bedarfsgerechte Entwicklung.
Inhalt
Prozessmodellierung, numerische Methoden, Software-Werkzeuge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Physikalische Modellbildung dynamischer Prozesse</li> <li>• Darstellungsformen und Klassifikation dynamischer Systeme</li> <li>• Einführung in komponentenbasierte Simulation mit Anwendungen (z.B. Modelica)</li> <li>• Optimierungsanwendungen und Parameteridentifikation</li> <li>• Numerische Integrationsverfahren</li> </ul>
Leistungsnachweis
sP-90
Verwendbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• fächerübergreifend in allen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen</li> <li>• Masterarbeit auf dem Gebiet der Fahrzeugsimulation</li> </ul>

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 2 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.



Modulname	Modulnummer
<b>Methoden in der Produktentwicklung</b>	1423

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Alexander Koch	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14231	VL	Methoden in der Produktentwicklung	Pflicht	4
14232	UE	Methoden in der Produktentwicklung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Qualifikationsziele
<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <p>Die Studierenden des Studiengangs werden sich im Verlauf ihres Studiums oder in ihrem weiteren Werdegang mit ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen auseinandersetzen. Grund dessen werden in dem Modul grundlegende Kenntnisse über Entwicklungsmethodiken vermittelt, die es ermöglichen komplexe Systemgestaltungen vorzunehmen.</p> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <p>Dabei ist es zentraler Inhalt des Moduls, Kenntnisse über geeignete Methoden, Hilfsmittel und Werkzeuge zur Lösungsfindung bereit zu stellen, welche anhand praxisnaher Beispiele angewendet werden. Dabei lernen die Kursteilnehmenden, technische Fragestellungen systematisch zu analysieren und strukturiert zu lösen. Zudem soll ein Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten der Rechnerunterstützung in der Produktentwicklung gegeben und deren Grenzen aufgezeigt werden.</p> <p><b>Sozialkompetenz:</b></p> <p>Durch die Darlegung der vielschichtigen Abhängigkeiten in der Mechatronikentwicklung (Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik etc.) wird den Studierenden ein tiefgehendes Verständnis für die verschiedenen, beteiligten Domänen gegeben und die Notwendigkeit des Findens einer gemeinsamen Sprache aufgezeigt. Zudem werden im Zusammenhang mit den Themen Co-Creation und Design Thinking gezielt Lösungswege auch von</p>

sozialrelevanten Fragestellungen aufgezeigt und die Verantwortung des Entwicklers für die gesellschaftlichen Konsequenzen, die sich aus der Gestaltung technischer Systeme ergeben, betont.

### Selbstkompetenz:

Hierüber werden die Kursteilnehmenden in die Lage versetzt, komplexe Problemstellungen, die über die Modulhalte hinausgehen (z.B. im Rahmen einer Studienarbeit), zu erfassen und methodisch-strukturiert einer Lösung zuzuführen. Dabei liegt der Fokus auf dem Erlernen einer methodischen, zielgerichteten Arbeitsweise zur Entwicklung technischer Systeme.

## Inhalt

### Allgemeine Betrachtung

- Motivation; Bedeutung und Aufgabenfelder der Produktentwicklung
- Einordnung der Produktentwicklung in Markt/Unternehmen/Gesellschaft
- Systemtheoretische Ansätze zur Beschreibung technischer Systeme
- Integrierte Produktentwicklung

### Prozessgestaltung

- Strukturierung von Entwicklungsprozessen: operative und strategische Vorgehensmodelle
- Prozessgestaltung für interdisziplinäre Entwicklungsaufgaben
- Darstellung der Phasen und Beschreibung der typischen Handlungen im Produktentwicklungsprozess an einem Beispiel

### Methodenunterstützung in der Produktentwicklung

- Strukturierung der Methoden auf Basis des Problemlösungszyklus
- Darstellung von methodischem Vorgehen für Synthese, Analyse und Bewertung von technischen Lösungen
- Aspekte und Bedeutung von DfX als Möglichkeit zum Wissensmanagement in der Entwicklung
- Vorgehensweise und Methoden zum Variantenmanagement

### Rechnerunterstützung in der Produktentwicklung

- Produktdatenmanagement: Methoden zur Aufbereitung und der Daten- und Informationsflüsse im Entwicklungsprozess
- CAx-Werkzeugen zur Methodenunterstützung; Einordnung der CAx-Werkzeuge in den Produktentwicklungsprozess

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Gote H.: Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. 8. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2013.</li> <li>• Ehrenspiel K.: Integrierte Produktentwicklung Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 5. Auflage. Hanser Fachbuchverlag, 2013.</li> <li>• Lehner F.: Wissensmanagement. Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. 5. Auflage. Hanser Fachbuchverlag, 2014.</li> <li>• Eigner M., Stelzer R.: Produktdatenmanagement-Systeme: Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management. 2. Auflage. Berlin: Springer Verlag, 2009.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung mit 90 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung mit 30 Minuten Dauer am Ende des Herbsttrimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.</p> <p>Für die Prüfung darf eine einseitig selbstständig handbeschriebene DIN A4-Seite zur Unterstützung verwendet werden.</p> <p>Die zweite Wiederholungsprüfung kann seitens des Dozenten als mündliche Prüfung (Dauer: 30 Minuten) abgehalten werden.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<p>Das Modul Methoden der Produktentwicklung stellt die Grundlagen für ein strukturiertes Herangehen zur Lösung von komplexen Entwicklungsaufgaben sowohl für konstruktive Tätigkeiten während des Studiums als auch für spätere Einsatzgebiete in den verschiedenen Bereichen der Produktentwicklung. Kenntnisse aus diesem Modul sind verwendbar in den Modulen Rechnerintegrierte Produktion und Integrierte Produktionsplanung, sowie Verzahnung der Inhalte mit der Vorlesung Produkt- und Innovationsmanagement für ein übergreifendes Verständnis der Produktentwicklung.</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Signalverarbeitung</b>	1430

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14301	VL	Digitale Signalverarbeitung	Pflicht	3
14302	UE	Digitale Signalverarbeitung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in Mathematik und Statistik

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie verfügen über einen sicheren Umgang mit Schlüsseltechniken der digitalen Signalverarbeitung im Zeit- und Frequenzbereich und wenden diese Werkzeuge eigenständig auf praktische Probleme an. Die Studierenden sind fähig zur Auswahl, Parametrierung und kritischen Bewertung von zeitdiskreten Signalverarbeitungskomponenten hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit. Sie vermögen methodisch bedingte Artefakte in der praktischen Anwendung zu erkennen und diese kritisch im Hinblick auf mögliche Fehlinterpretationen zu reflektieren.

#### Inhalt

Die digitale Signalverarbeitung ist eine Schlüsselwissenschaft für alle Anwendungsgebiete der Informationstechnik. Die Studierenden werden in dieser Lehrveranstaltung mit den wesentlichen Eigenschaften digitaler Signale vertraut gemacht und lernen den Umgang mit den wichtigsten Werkzeugen zur Analyse und Verarbeitung von digitalen Signalen. Die Studierenden setzen sich im ersten Schritt mit der Darstellung von zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen im Zeit- und Frequenzbereich als Fourier-Reihe, Fourier-Transformation, z-Transformation und zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT) auseinander. Dazu verdeutlichen sie sich das Verfahren der Signalabtastung und dessen Effekte. Als wichtigstes Ergebnis dieses Abschnitts erlernen die Studierenden das Werkzeug der diskreten Fourier-Transformation (DFT) und grenzen dieses zu anderen Verfahren ab. Dabei machen sie sich mit allen Effekten der DFT

vertraut, insbesondere der Zusammenhänge von Zeit- und Frequenzauflösung, Aliasing und Leakage-Effekt. Nach einer Einführung in das Gebiet der Schnellen Algorithmen (Fast Fourier Transform (FFT), Schnelle Faltung) befassen sich die Studierenden umfassend mit der Analyse von linearen verschiebungsinvarianten Systemen (LVI-Systeme). Sie werden mit den verschiedenen Beschreibungsformen (IA, DG, ÜF, FG) vertraut gemacht und lernen die verschiedenen Systemarten (MA, AR, ARMA) und ihre speziellen Eigenschaften (linearphasige Filter, minimalphasige Filter, Allpässe) zu differenzieren. Die Studierenden lernen unterschiedliche Realisierungsformen wie frequenzselektive Filter, signalangepasste Filter und adaptive Filter kennen und befassen sich mit Techniken zum Entwurf digitaler Filter. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie Digitalen Signal Prozessoren (DSP) und FPGA-Bausteinen, Implementierungsaspekten und möglichen Fehlerquellen schließt die Lehrveranstaltung ab.

#### Literatur

- Skriptum zur Vorlesung Digitale Signalverarbeitung. UniBw München
- Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022
- Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer (sP-60) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.  
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.  
Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Studienarbeit	1444

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Ralf Späth	Wahlpflicht	1

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

**Empfohlene Voraussetzungen**

Grundlegende Fachkenntnisse im Thema der Studienarbeit.

Kenntnisse des Projektmanagements.

**Qualifikationsziele**

Fachkompetenz:

Die Studierenden erwerben im Fachgebiet der Studienarbeit vertiefte Kompetenzen.

Methodenkompetenz:

Die Studierenden sind fähig, ein Projekt/eine Studienarbeit zu planen und selbständig durchzuführen sowie ein Projekt eigenverantwortlich zu leiten und zu kontrollieren.

Sozialkompetenz: Kommunikation und Kooperation

Die Studierenden erwerben Kompetenzen in der Kommunikation und Kooperation mit dem Aufgabensteller und beteiligten Labormitarbeitern.

Selbstkompetenz: Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität

Die Studierenden lernen eine systematische Arbeitsweise, eine vollständige, wissenschaftlichen Ansprüchen genügende Dokumentation sowie die Fähigkeit zur Diskussion und Interpretation von Ergebnissen.

**Inhalt**

Ziel der Studienarbeit ist die Bearbeitung einer ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellung; sowie die selbständige Planung und Durchführung einer Arbeit beziehungsweise die eigenständige Organisation, Durchführung, Leitung und Kontrolle

eines Projektes. In der Studienarbeit bearbeiten die Studierenden entweder alleine oder in Teams eigenverantwortlich ingenieurwissenschaftliche Projekte.
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Ausarbeitung. Bei Teamarbeit sind die individuellen Anteile der Studierenden kenntlich zu machen.
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Modul ist in allen technischen Studiengängen verwendbar.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Modul dauert 1 Trimester.</li> <li>• Die Arbeit soll in der vorlesungsfreien Zeit von Juli bis September durchgeführt werden. Sie kann aber auch während der Vorlesungszeit durchgeführt werden. Die Studienarbeit muss aber vor Beginn der Masterarbeit abgeschlossen sein.</li> </ul>
<b>Sonstige Bemerkungen</b>
<p>Thema und Inhalt der Arbeit sind von der Betreuerin/dem Betreuer so zu wählen, dass der Arbeitsumfang je Studierender/Studierendem bei einem durchschnittlichen Leistungsniveau 180 Stunden beträgt. Bei einer Vollzeitbeschäftigung entspricht dies einer Zeit von 4 bis 5 Arbeitswochen. Die Arbeit muss vor Beginn im Prüfungsamt angemeldet werden. Eine Anmeldung ist möglich, sobald die/der Studierende zum Masterstudium zumindest vorläufig zugelassen ist.</p> <p>Beginn und Abgabetermin der Arbeit ist mit der Betreuerin/dem Betreuer zu vereinbaren und wird auf dem Anmeldeformular festgelegt.</p> <p>Spätester Abgabetermin ist der 28.02. des zweiten Studienjahres.</p> <p>Der/Die Studierende hat zwei Ausfertigungen der Arbeit zum jeweiligen Abgabetermin persönlich im Prüfungsamt abzugeben. Bei nicht termingerechter Abgabe der Arbeit wird die Note „nicht ausreichend“ erteilt.</p> <p>Die Abgabefrist kann aus Gründen, die der/die Studierende nicht zu vertreten hat, einmal um höchstens einen Monat verlängert werden. Ein entsprechender schriftlich begründeter Antrag ist spätestens zwei Wochen vor dem Abgabetermin beim vorsitzenden Mitglied der Prüfungskommission einzureichen.</p>

Modulname	Modulnummer
Graphische Benutzeroberflächen	1445

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Finsterwalder	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14451	VÜ	Graphische Benutzeroberflächen	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Programmierung in C/C++.
Qualifikationsziele
Fähigkeit zur Erstellung von interaktiven, graphischen Programmen
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau und Funktionsweise graphischer Benutzeroberflächen</li> <li>• Programmierung wiederverwendbarer Komponenten</li> <li>• Nutzung von modernen integrierten Entwicklungsumgebungen</li> </ul>
Leistungsnachweis
sP-90
Verwendbarkeit
Erstellung von Software für technische Anwendungen. Masterarbeit auf dem Gebiet der Ingenieurinformatik.
Dauer und Häufigkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Modul dauert 1 Trimester.</li> <li>• Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.</li> </ul>



Modulname	Modulnummer
<b>Ballistik</b>	1447

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dipl.-Ing. Johann Höcherl	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14471	VÜ	Ballistik	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<p>Kenntnisse der Grundlagen-Module Ingenieur-Mathematik I und II, Angewandte Physik, Technische Mechanik.</p> <p>Nicht für Studierende, die im BA-MB die Vertiefung "Sicherheitstechnik" belegt hatten.</p> <p>Die Teilnehmerzahl ist auf 12 Personen beschränkt.</p>

Qualifikationsziele
<p>Methodenkompetenz:</p> <p>Fähigkeit zur praxisorientierten Berechnung der Flugbahn von Geschossen und Wurfkörpern, der Bewegung von Geschossen im Waffenrohr und der Reaktionen der Waffe.</p> <p>Fachkompetenz:</p> <p>Kenntnis von Arten, Aufbau, Konstruktionsprinzipien, Funktion und Wirkung der verschiedenen Munitionstypen.</p>

Inhalt
<p>Außenballistik: Vakuumballistik. Flugbahn im luftgefüllten Raum: Luftwiderstand;</p> <p>Ansätze für die Verzögerung; militärisch relevante Geschossflugbahnen;</p> <p>Flugbahnberechnung mit Hilfe von Näherungsansätzen.</p>

<p>Innenballistik: Vorgänge beim Schuss: Schießstoffe; Abbrand der Treibladung. Druck- und Geschwindigkeitsverlauf; Geschossbeschleunigung; Energieverhältnisse beim Schuss. Druckunterschied im Rohr.</p> <p>Aufbau von Rohrwaffen. Arten von Geschossen. Kinetische Energie (KE), chemische Energie (CE),</p> <p>Munitionsarten. Panzerdurchschlag: Eindring- / Durchschlagsleistungen durch Stanzen, Volumenverdrängung ohne und mit Projektilerosion.</p> <p>Typen von Sprengladungen, Blastmunition. Hohl- und Flachladungen.</p> <p>Projektilladungen, Splitterladungen und deren Wirkungen.</p> <p>Flugzielgefechtsteile, richtbare Gefechtsteile. Streumunition, Minen.</p> <p>Panzerschutz. Wundballistik. Lenkflugkörpertechnik.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
sP-90
<b>Verwendbarkeit</b>
Im nachfolgenden beruflichen Einsatz als Offizier.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Modul dauert 1 Trimester.</li> <li>• Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.</li> <li>• Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.</li> </ul>

Modulname	Modulnummer
Schiffsmodellversuchswesen	1448

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dipl.-Ing. FKpt Holger Augustin	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14481	VÜ	Schiffsmodellversuchswesen	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse der Mathematik
- Grundkenntnisse der angewandten Physik
- Grundkenntnisse der Strömungsmechanik
- Grundkenntnisse des Technischen Englisch

#### Qualifikationsziele

##### Fachkompetenz:

Die Grundlagen des Schiffsmodellversuchswesens werden zur Vermittlung des Wissens und Verstehens wesentlicher Empfehlungen der International Tank Towing Conference (ITTC) gelehrt.

##### Methodenkompetenz:

Mit den vermittelten Kenntnisse werden die Absolventen und Absolventinnen auf eigenverantwortliche, ingenieurmäßige Tätigkeiten dieses interdisziplinären Fachgebietes vorbereitet.

##### Sozialkompetenz:

In der Lehrveranstaltungen werden Beispiele gemeinschaftlich besprochen und Übungen im Team durchgeführt, um teamorientierte Kommunikation und strukturierte Kooperation zu vertiefen.

<p><b>Selbstkompetenz:</b></p> <p>Durch die Lehrveranstaltung begleitende Filmbeiträge, einfache Experimente und Animationen, eine auf freiwilliger Basis angebotene Exkursion sowie einen vertiefenden Aufgabenkatalog wird den Studierenden die Möglichkeit der Schulung des wissenschaftlichen Selbstverständnisses für Problemstellungen des Schiffsmodellversuchswesens gegeben und aufgezeigt, wie diese professionell gelöst werden.</p>
<p><b>Inhalt</b></p>
<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Bedeutung des Schiffsmodellversuchswesens für die Seefahrt sowie</li> <li>• fundierte Kenntnisse über die Beschreibung von Meereswellen.</li> <li>• Vertiefung der Einführung durch Behandlung wichtiger Bestimmungen, Bezeichnungen und Definitionen sowie der wichtigsten Ähnlichkeitsgesetze für die Eigenschaften seegehender Fahrzeuge auf Grundlage der Empfehlungen der ITTC</li> <li>• grundlegende Kenntnisse über allgemeine Fachkunde des Modellbaus und Sonderbestimmungen gem. ITTC</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstehen der Grundlagen zur Planung, Durchführung sowie Auswertung von Modellversuchen bis hin zur Stabilitätsanalyse von seegehenden Fahrzeugen</li> <li>• vertiefende praktische Anwendungen an ausgewählten Beispielen.</li> </ul> <p><b>Sozialkompetenz:</b></p> <p>Die Wissensvermittlung erfolgt unter Berücksichtigung des den internationalen Austausch der Schiffbauversuchsanstalten bedingenden Benchmarkings der ITTC.</p> <p><b>Selbstkompetenz:</b></p> <p>Inhaltlich begleitend werden zur Lehrveranstaltung bereits durchgeführte, laufende und geplante Forschungsarbeiten in der WE 4/3 präsentiert. Das beinhaltet rein maschinenbauliche, elektronische und interdisziplinäre, mechatronische Themenkomplexe, was eine tiefgehende Basis zur Selbstreflexion der im Bachelor- und Masterstudium erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten an konkreten Beispiel bietet.</p>
<p><b>Literatur</b></p>
<p>Zahlreiche Lehrmittel werden zur Verfügung gestellt. Literatur und Links ins www werden in der Lehrveranstaltung genannt.</p>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p>
<p>sP-90</p>

**Verwendbarkeit**

Dieses Wahlpflichtmodul ermöglicht es den Studierenden, Kenntnisse des Modellversuchswesens im Allgemeinen und für Schiffbauversuchsanstalten im Speziellen strukturiert anzuwenden und z.B. für die Anfertigung einer Masterarbeit nutzen zu können.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 1 Trimester.  
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.  
Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Schwingbruchgefährdete Bauteile sicher dimensionieren und betreiben</b>	1449

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Thomas Kuttner	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14491	VÜ	Schwingbruchgefährdete Bauteile sicher dimensionieren und betreiben	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<p>Wünschenswert/Vorausgesetzt sind Kenntnisse der Festigkeitslehre und Werkstofftechnik, wie sie in den Vorlesungen Technische Mechanik, Werkstoffkunde und Bauteilprüfung und Betriebsfestigkeit vermittelt werden.</p> <p>Maximal 16 Teilnehmer.</p>

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit, Methoden der Bauteilauslegung unter schwingender Beanspruchung anzuwenden. Damit erlangen die Studierenden vertiefte Kenntnisse zur Dimensionierung und Betrieb schwingbruchgefährdeter Bauteile sowie der Anwendung von Nachweis- und Auslegungskonzepten in der Betriebsfestigkeit. Im Modul werden die Studierenden befähigt, Zusammenhänge zwischen der Betriebsfestigkeit als Methode und deren Anwendung in der Konstruktion, Leichtbau und Fertigungsverfahren anzuwenden.</p>

Inhalt
<p>Den Studierenden wird die fachwissenschaftliche Herangehensweise zur Berechnung der Bauteilsicherheit und zur Lebensdauerabschätzung nachgebracht und steigt die Methodenkompetenz zur Beurteilung von Berechnungskonzepten. Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse zur Ermittlung der Betriebsbelastungen (Einsatzspiegel, Bemessungskollektive und -matrizen), Schwingfestigkeit unter konstanter und veränderlicher Amplitude. Damit erhalten die Studierenden an einem durchlaufenden Beispiel vertiefte Fähigkeiten zur eigenständiger Anwendung der rechnerischen Lebensdauerabschätzung und des experimentellen Betriebsfestigkeitsnachweises.</p>

Literatur
<p>Zur Vorbereitung und Vertiefung empfiehlt sich folgende Literatur:</p>

Buxbaum, O:

Betriebsfestigkeit - Sichere und wirtschaftliche Bemessung schwingbruchgefährdeter Bauteile und Konstruktionen

Verlag Stahleisen Düsseldorf 1992

Haibach, E:

Betriebsfestigkeit - Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung

VDI-Verlag Düsseldorf 2006

Jenne, S., Pötter, K., & Zenner, H. Zählverfahren und Lastannahme in der Betriebsfestigkeit. Springer Verlag 2012

Naubereit, H.; Weihert, J.

Einführung in die Ermüdungsfestigkeit

Hanser Verlag München 1999

Radaj, D:

Ermüdungsfestigkeit: Grundlagen für Leichtbau, Maschinen- und Stahlbau

Springer Verlag Berlin 2007

Sander, Manuela. Sicherheit und Betriebsfestigkeit von Maschinen und Anlagen. Springer-Verlag Berlin, 2008

Götz, S.; Eulitz, K.-G.

Betriebsfestigkeit - Bauteile sicher auslegen!

Springer-Verlag Berlin 2020

Leistungsnachweis

Studienarbeit

Verwendbarkeit

Kenntnisse und Fähigkeiten zur Lösung ingenieurmäßiger Aufgaben auf dem Gebiet der Dimensionierung und des Betriebes schwingbruchgefährdeter Bauteile, Experimenteller und rechnerischer Betriebsfestigkeitsnachweis, Anwendung von Auslegungskonzepten

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.



Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen</b>	1452

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Martin Sauter	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	48	42	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14521	P	Praktikum Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Studierende benötigen Kenntnisse aus der Vorlesung "Technologie Integrierter Schaltungen" (Modul "Einführung EDA/Technologie integrierter Schaltungen").
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung der Kenntnisse über Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen anhand von Rechnersimulationen (TCAD)</li> <li>• Vertieftes Verständnis über den Einfluss des Herstellungsprozesses auf die Bauelementeigenschaften.</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulation der Herstellung</li> <li>• Veranschaulichung des Einflusses des Herstellungsprozesses auf die elektronischen Eigenschaften der Bauelemente</li> <li>• Simulation der elektronischen Eigenschaften</li> <li>• Auslegung der Prozessschritte und Gesamtprozessintegration</li> </ul>
Leistungsnachweis
Studienarbeit
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Rechnernetze	1458

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Gabi Dreo Rodosek	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11971	VÜ	Rechnernetze	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse zu Rechnernetzen, wie sie z.B. durch das Bachelor-Modul Einführung in Rechnernetze vermittelt werden.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben ein vertieftes Verständnis von der Problematik der Sicherstellung von Dienstgüte in IP-Netzen. Anhand der Anforderungen von unterschiedlichen Multimedia-Anwendungen werden Konzepte und Mechanismen erläutert, die es den Hörern ermöglichen selbst Dienstgüte-Lösungen zu konzipieren, umzusetzen und zu bewerten.

#### Inhalt

Das Modul Rechnernetze stellt eine Vertiefung des Moduls Einführung in Rechnernetze dar und behandelt weitere Fragestellungen auf dem Gebiet der Kommunikationssysteme. Durch die Konvergenz von Sprache und Daten resultieren nämlich neue Anforderungen an die Rechnernetze. Die Sicherstellung der Dienstgüte für Anwendungen wie Voice over IP (VoIP) ist dabei eine der wichtigsten Herausforderungen. Schwerpunkte des Moduls sind somit:

- Dienstgütemechanismen in IP-Netzen
- QoS-Möglichkeiten bei verschiedenen Netztechnologien
- Internet-Unterstützungsprotokolle für Multimedia-Anwendungen (Multicast, RTP, IntServ, DiffServ, MPLS, RTSP)
- Digitale Sprache und Video im Internet (H.323, SIP, MPEG, VoIP)
- Virtuelle Private Netze (Technologie, Einsatzmöglichkeiten mit IPSec und MPLS, Fallbeispiele)

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Dieses Modul ist in anderen Master-Studiengängen mit informationstechnischer Ausrichtung verwendbar.

Modulname	Modulnummer
<b>Netz- und Systemmanagement</b>	1459

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Gabi Dreo Rodosek	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11973	VÜ	Netz- und Systemmanagement	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Das Bachelor-Modul Einführung in Rechnernetze.

Qualifikationsziele
Die Studierenden erwerben ein grundlegendes Verständnis von dem Betrieb komplexer IT-Infrastrukturen. Es wird sowohl die Komplexität der Beherrschbarkeit verdeutlicht als auch die Ansätze, Methoden und Werkzeuge des integrierten Managements erklärt. Anhand der Diskussion von konkreten Problemstellungen und den angewandten Lösungen werden die Hörer in die Lage versetzt ähnliche Problemstellungen zu analysieren und zu bewerten sowie geeignete Maßnahmen und Managementwerkzeuge einzusetzen.

Inhalt
<p>Das Management vernetzter Systeme umfasst in seiner allgemeinen Definition alle Maßnahmen, die einen effektiven und effizienten, an den Ziele des Unternehmens ausgerichteten Betrieb der Systeme und ihrer Ressourcen sicherstellen. Es dient dazu, die Dienste und Anwendungen der vernetzten Systems in der gewünschten Güte bereitzustellen und ihre Verfügbarkeit zu gewährleisten. Steht das Management des Kommunikationsnetzes und seiner Komponenten im Vordergrund, spricht man von Netzmanagement, liegt der Schwerpunkt auf den Endsystemen, bezeichnet man dies als Systemmanagement. Das Anwendungsmanagement ist für verteilte Anwendungen und verteilt realisierte Dienste zuständig.</p> <p>In dem Modul wird zunächst anhand repräsentativ ausgewählter Szenarien ein Eindruck von der Komplexität der Managementaufgaben vermittelt. Dafür werden verschiedene Klassifikationsmöglichkeiten abgeleitet, mit denen der Gesamtkomplex "Management" in Teilaufgaben gegliedert werden kann. Es wird eine funktionale Klassifikation in die Bereiche Konfigurations-, Fehler-, Leistungs-, Abrechnungs- und Sicherheitsmanagement eingeführt sowie organisatorische und zeitliche Aspekte des Management behandelt. Ferner werden grundlegende Begriffe wie Managementarchitektur und Managementplattform erklärt, die die Basis für das Verständnis eines "integrierten</p>

<p>Managements" legen. Nur so können moderne IT-Versorgungsstrukturen, die zunehmend durch kooperative vernetzte Systeme bestimmt sind, beherrscht werden. Managementkonzepte werden in der Praxis durch Managementwerkzeuge umgesetzt und unterstützt. Daher wird ein weiterer wesentlicher Aspekt des Moduls auch der Vorstellung von Managementwerkzeugen gewidmet.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung von 45 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<p>Dieses Modul ist in anderen Master-Studiengängen mit informationstechnischer Ausrichtung verwendbar.</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester.</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Mobile Kommunikationssysteme</b>	1460

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Gabi Dreo Rodosek	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11972	VÜ	Mobile Kommunikationssysteme	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Das Bachelor-Modul Einführung in Rechnernetze.

#### Qualifikationsziele

Den Studierenden soll ein vertiefter Einblick in mobile Kommunikationssysteme gegeben werden. Im speziellen spiegeln die Inhalte den Stand der heutigen Technologie und Entwicklung wieder. Während viele leistungsfähige und revolutionäre System in Forschungslaboren entwickelt und getestet wurden, ist im besonderen der klare Trend zu erkennen, dass klassische Systeme zur drahtlosen Sprachübertragung mit denen zur Datenübertragung verschmelzen. Die in diesem Modul behandelten Verfahren und Protokolle zeigen die aktuellen Systeme im Weitverkehrsbereich ebenso wie im lokalen Netzbereich auf und ergänzen diesen Blick um Fragen der Mobilitätsunterstützung sowie der jeweils relevanten Protokollfunktionen der Schichten 3 und 4. Dieses Vorgehen erlaubt dem Hörer einen Überblick über alternative Ansätze in der mobilen Kommunikationstechnologie zu erhalten und wesentliche funktionale Komponenten kennenzulernen.

#### Inhalt

Aufbauend auf dem Grundlagenwissen von Kommunikationsprotokollen sowie der verteilten Systeme und Rechnernetzen werden in diesem Modul Prinzipien und Konzepte für mobile Kommunikationssysteme vorgestellt. Diese umfassen die technischen Grundlagen sowie den Einblick in Medienzugriffsverfahren. Darauf aufbauend werden ausführlich mobile und drahtlose Telekommunikationssysteme (u.a. GSM, UMTS), Satellitensysteme, Rundfunksysteme und im Detail drahtlose LANs (u.a. WLAN, Bluetooth) diskutiert. Um diese technologischen Alternativen in einer integrierten Netzlandschaft nutzbar zu machen, werden die Netzprotokolleigenschaften am Beispiel von Mobile IP als auch die Transportprotokolleigenschaften behandelt, welche abschließend um Mobilitätsunterstützungen ergänzt werden.

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 45 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Dieses Modul ist in anderen Master-Studiengängen mit informationstechnischer Ausrichtung verwendbar.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester

Modulname	Modulnummer
Schadenskunde	1466

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Günther Löwisch	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14661	SE	Schadenskunde	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<p>Der Studierende benötigt Kenntnisse der Werkstofftechnik und der technischen Mechanik. Die Zahl der Teilnehmer ist auf 10 beschränkt.</p>
Qualifikationsziele
<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <p>Die Studierenden gewinnen die Fähigkeit, aus der Untersuchung von Schadensteilen Rückschlüsse auf die Schadensursachen zu schließen und daraus Korrekturmaßnahmen abzuleiten.</p> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage Schäden systematisch und umfassend zu analysieren und eine Schadensuntersuchung zu planen und zu organisieren.</p> <p><b>Sozialkompetenz:</b></p> <p>Durch den Zwang, Untersuchungsschritte selbst zu definieren und in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern des Institutes durchzuführen lernen die Studierenden komplexe technische Zusammenhänge eindeutig zu kommunizieren.</p> <p><b>Selbstkompetenz:</b></p>



Die Studierenden lernen eine systematische Arbeitsweise, eine vollständige Dokumentation und eine neutrale Interpretation als Basis wissenschaftlichen Arbeitens.
<b>Inhalt</b>
Das Wahlpflichtfach wird in zwei Abschnitten abgehalten. In der Vorlesung zu Beginn der Veranstaltung werden die Methodik der Schadensuntersuchung, die Werkzeuge der Schadenskunde und die Interpretation von Bruchbilder, metallografischen Schliffen, REM-Aufnahmen usw. erläutert. Im zweiten Abschnitt wird in Form eines Praktikums die praktische Schadensanalyse geübt. Die Studierenden untersuchen selbständig ein Schadensteil und erstellen einen Untersuchungsbericht. Dieser Bericht wird als Leistungsnachweis bewertet.
<b>Leistungsnachweis</b>
Studienarbeit: Die Studierenden untersuchen selbständig ein Schadensteil und erstellen einen Untersuchungsbericht.
<b>Verwendbarkeit</b>
Das Modul ist keine Voraussetzung für nachfolgende Module des Masterstudienganges. In dem Modul werden jedoch Fähigkeiten erlernt, die insbesondere zur Weiterentwicklung von Bauteilen hilfreich sind.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Prozesssimulation	1494

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Frank Faßbender	Pflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14321	VÜ	Prozesssimulation	Wahlpflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Höheren Mathematik
- Kenntnisse der Technischen Mechanik
- Hinweis: Kenntnisse der Kraftfahrzeugtechnik werden nicht vorausgesetzt.

#### Qualifikationsziele

Kenntnis und Fähigkeit zur Modellierung technischer Systeme und der gezielten Nutzung von Software-Werkzeugen für die durchgängige Simulation und Optimierung von Prozessabläufen sowie für die interdisziplinäre, bedarfsgerechte Entwicklung.

#### Inhalt

Prozessmodellierung, numerische Methoden, Software-Werkzeuge:

- Einführung
- Modellbildung dynamischer Systeme in der MKS (Mehrkörpersimulation)
- Integration der MKS in den Entwicklungsprozess
- Einführung in komponentenbasierte Simulation mit Anwendungen (z.B. RecurDyn)
- Numerische Integrationsverfahren & Solvetechnologien
- Praktische Beispiele aus der Entwicklung

#### Leistungsnachweis

sP-90

### Verwendbarkeit

- fächerübergreifend in allen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen
- Masterarbeit auf dem Gebiet der Fahrzeugsimulation

### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
<b>Praxis der Kraftfahrzeugaerodynamik</b>	1495

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Oliver Meyer	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14951	VÜ	Praxis der Kraftfahrzeugaerodynamik	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Gute Kenntnisse der Technischen Strömungsmechanik sowie grundlegende Kenntnisse der Aerodynamik von Kraftfahrzeugen oder der Aerodynamik von Luftfahrzeugen. Das Verständnis fundamentaler Zusammenhänge von Druck und Geschwindigkeit, Auftrieb und Widerstand sowie deren Entstehungsmechanismen bei um- und durchströmten Bauteilen wird ebenfalls vorausgesetzt.

Die Zahl der Teilnehmer ist auf 15 begrenzt.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden haben ein vertieftes Wissen über die Grundlagen der praktischen Fahrzeugaerodynamik und wenden diese methodisch-wissenschaftlich auf konkrete Problemstellungen selbständig an. Die Studierenden können durch Kombination aus Wissen und Praxis das berufliche Handeln eines Fahrzeugaerodynamikers bewerten und eigenständig aerodynamische Methoden anwenden.

#### Inhalt

Das Wahlpflichtfach besteht aus einem Vorlesungsteil und einem Praktikum. In der Vorlesung erwerben die Studierenden vertiefendes Wissen in wichtigen Aspekten der Fahrzeugumströmung sowie Funktionsaerodynamik. Das erworbene Wissen wird anschließend anhand aktueller Entwicklungsbeispiele verschiedener Fahrzeughersteller im Diskurs besprochen und bewertet. Das erworbene Wissen wird auf praktische Problemlösungen übertragen und somit das Verständnis für praxisnahe Umsetzungen reflektiert.

Im zweiten, praktisch-wissenschaftlichen Teil werden die erworbenen theoretischen Kenntnisse und Fähigkeiten eigenständig in drei praktischen Versuchen gefestigt:

1. Mit einem Ausrollversuch wird auf der UniBw-Teststrecke der aerodynamische Widerstand eines entsprechend vorbereiteten Versuchsfahrzeugs selbständig mit moderner Messtechnik und wissenschaftlich-statistischen Methoden ermittelt.
2. Der „Aerodynamische Fingerabdruck“, nämlich die Druckverteilung eines Fahrzeugs im Längs-Mittelschnitt wird ebenfalls im Fahrversuch mit einem Versuchsfahrzeug eigenständig gemessen, ausgewertet und diskutiert.
3. Ein typischer aerodynamischer Fahrzeugoptimierungsprozess wird schließlich mit einem modular aufgebauten Windkanalmodell durchgeführt, indem durch geeignete Maßnahmen Zielvorgaben bzgl. des Widerstandes und des Auftriebs eigenständig im Windkanal erfüllt werden sollen. Die Ergebnisse werden im Gruppendiskurs bewertet.

Die Ergebnisse werden abschließend in einem Bericht kritisch diskutiert und zusammengefasst. Der Bericht wird als Leistungsnachweis (Studienarbeit) gewertet.

#### Leistungsnachweis

Die Studierenden untersuchen selbständig die Aerodynamik eines Versuchsfahrzeugs und erstellen darüber eine Studienarbeit. Diese Studienarbeit wird als Leistungsnachweis bewertet.

#### Verwendbarkeit

Das Modul ist keine Voraussetzung für nachfolgende Module des Masterstudienganges. Die erworbenen Kenntnisse und Erfahrungen können in der Fahrzeugentwicklung sowie anderer experimenteller, praktischer Ingenieurstätigkeiten verwendet werden.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1-2 Semester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintersemester. Als Startzeitpunkt ist das Wintersemester im 2. Studienjahr vorgesehen. Bitte beachten Sie, dass die Möglichkeit besteht, dass einzelne Fahrversuche aufgrund der Wetterlage erst im darauf folgenden FT stattfinden können.

Modulname	Modulnummer
<b>Wirksystemtechnologien</b>	1509

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dipl.-Ing. Johann Höcherl	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15091	VÜ	Wirksystemtechnologien	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
abgeschlossener BA in Maschinenbau oder vergleichbare Qualifikation

Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Vorlesung soll einen Einblick in Wirksystemtechnologien und angrenzende Themengebiete wie Zündsystemtechnologien, IM und Effektivitätsanalysen vermitteln.</li> <li>- Die Studierenden sollen die verschiedenen Technologien verstehen und im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit auch auf übergeordneter Systemebene bewerten können.</li> </ul>

Inhalt
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Grundbegriffe, Definitionen, Literaturquellen</li> </ol> </li> <li>2. Grundlagenthemen             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Einführung in die Sprengstoffinitiiierung und Detonik</li> <li>b. Ausgewählte Themen der Ballistik (Splitter-, End-, Wundballistik)</li> <li>c. Überblick über Methoden und Verfahren der experimentellen (Hochgeschwindigkeits-) Diagnostik</li> <li>d. Überblick über Modellbildung und Simulation sowie Simulationstools</li> </ol> </li> <li>3. Wirksystemtechnologien             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Klassische Wirkmechanismen</li> </ol> </li> </ol>

b. Zündsystemtechnologien (inkl. MSAD - Mechanical Safety and Arming Device, ESAD - Electrical Safety and Arming Device, EFI - Exploding Foil Initiator)

c. Insensitive Munition (IM)

d. Passiver und reaktiver Schutz

e. Effektivitätsanalysen (Verwundbarkeit und Letalität)

f. Neuartige und flexible Wirkmechanismen

4. Systemanwendungen

a. Flugkörper

b. Geschosse (Rohrwaffenmunition, Raketen)

c. Minen

5. Exkursionen in die wehrtechnische Industrie und Institute

Leistungsnachweis

mP-30

Dauer und Häufigkeit

Dieses Modul dauert ein Trimester und wird im Wintertrimester angeboten.

Modulname	Modulnummer
Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden	1527

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Tobias Dickhut	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15271	VÜ	Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen

Bachelor-Studium

Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten detailliertes Wissen der Werkstoffkunde von Fasern, Matrixsystemen und Halbzeugen und Methoden zur Werkstoffauswahl. Sie erhalten vertiefte Kenntnisse zur Dimensionierung und Auslegung von hochbeanspruchten Faserverbund-Strukturen für die Luft- und Raumfahrtanwendung und können höchstbelastete Bauteile auslegen. Die Studierenden können die speziell für Verbundwerkstoffe entwickelten Theorien zur Spannungs- und Festigkeitsanalyse anwenden und entwickeln ein tiefes Verständnis für das vielfältige Versagen des Werkstoffs. Die Studierenden erhalten ein breites und vertieftes Wissen über die unabdingbaren Konstruktions-Grundlagen der Verbundstrukturen.

Inhalt

Die Studierenden erwerben umfassende Kenntnisse über das Konstruieren und Berechnen von Faser-Kunststoff-Verbunden und die dafür unabdingbaren vertieften Grundlagen des Werkstoffs.

In diesem Modul erhalten die Studierenden einen Einblick in die Einsatzgebiete von Faserverbundwerkstoffen.

Des Weiteren werden die Werkstoffkunde von Fasern, Matrixsystemen und Halbzeugen und die Methoden zur Werkstoffauswahl dargestellt.

Die Studierenden werden in die Elasto-Statik der Faser-Kunststoff-Verbunde eingeführt. Dabei lernen die Studierenden

- das Zusammenwirken von Verstärkungsfasern und Matrix,



- die Bestimmung der Elastizitätsgrößen,
- die Mikromechanik,
- das Elastizitätsgesetz der UD-Schicht und die Polartransformation,
- die Klassische Laminattheorie des Scheibenelements,
- den Einfluss der Temperatur kennen.

Die Studierenden bekommen ein tiefes Verständnis der Festigkeitsanalyse von Faser-Kunststoffen-Verbunden. Sie kennen

- die Versagensformen,
- die Festigkeitsanalyse anhand von Festigkeitskriterien,
- die Degradationsanalyse.

Die Studierenden erhalten eine Übersicht über faserverbundgerechte Bauweisen.

#### Literatur

Schürmann H.: Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden. 2., bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005, 2007

Wiedemann J.: Leichtbau. Elemente und Konstruktion. Berlin: Springer Verlag, 2007.

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 60 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten

#### Verwendbarkeit

Das Modul gibt eine vertiefte Einsicht in das Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden. Die erworbenen Kenntnisse ermöglichen es den Studierenden Leichtbaukonstruktionen auszulegen und zu berechnen. Es kann in die Bereiche Luft- und Raumfahrt, Maschinenbau und Automotive eingebracht werden.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester und findet im Wintertrimester statt.

Modulname	Modulnummer
Simulation	1529

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

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

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
120	36	84	4

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11433	VÜ	Simulation	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Die Studierenden sollten die Sprache der Mathematik beherrschen und Grundkenntnisse in Informatik haben, insbesondere schon einige Erfahrung mit Algorithmen haben. Nützlich sind außerdem Grundkenntnisse zur theoretischen Informatik, wie sie z.B. im Modul Theoretische Grundlagen der Informatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele
Ziel ist es, die Studierenden mit den grundlegenden Methoden, Techniken und Anwendungsbereichen rechnergestützter Simulation vertraut zu machen. Dabei wird der Fokus gelegt auf die diskrete Simulation, die besondere Bedeutung für Anwendungen bei Entwurf und Bewertung von Rechner- und Kommunikationskomponenten hat. Die Studierenden sollen auch die typischen Erfordernisse von Modellentwicklungs- und -einsatzprozessen kennenlernen.

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.

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung von 45 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Forensik</b>	1638

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Harald Baier	Wahlpflicht	

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15511	VL	Digitale Forensik (VL)	Pflicht	3
15512	UE	Digitale Forensik (UE)	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				

Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse zur Systemsicherheit sind empfehlenswert. Die Studierenden müssen zudem mit den Grundlagen der IT-Forensik vertraut sein, insbesondere mit IT-forensisch relevanten Spuren und deren Analyse auf Datenträger- und Dateisystemebene.

Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen die allgemeine IT-forensische Vorgehensweise und können diese bei der Durchführung IT-forensischer Analysen anwenden sowie in einem Gutachten dokumentieren. Sie kennen wichtige Spurenquellen im Betriebssystem Windows und können diese auswerten. Die Studierenden kennen Datenformate von verbreiteten Anwendungen und können diese analysieren. Sie wissen Sicherungs- und Analyseverfahren des Hauptspeichers und können diese anwenden. Wesentliche Anti-Forensik-Ansätze sind den Studierenden bekannt, und sie können diese bewerten. Weiterhin können die Studierenden Speichertechnologien erklären und digitale Spuren eingebetteter Systeme IT-forensisch sichern und auswerten.

Inhalt

Die Studierenden lernen die Betriebssystemforensik am Beispiel von Windows kennen und arbeiten insbesondere mit der Windows-Registry sowie Windows-Artefakten. Im Kontext der Anwendungsforensik wird das SQLite Datenbankformat behandelt und für Anwendungen wie Firefox, Thunderbird, Skype analysiert. Die Sicherung und Analyse des Hauptspeichers wird mittels des Windows-Betriebssystems und des Frameworks Volatility behandelt. Auf dem Gebiet der Anti-Forensik lernen die Studierenden die gängigen Kategorien von antiforensischen Maßnahmen kennen und bewerten. Flashbasierte Speichertechnologien sowie der direkte Zugriff auf einen Datenträger und die zugehörige Auswertung sind low-level Fertigkeiten, die die Studierenden einsetzen. An Hand der Erstellung eines Gutachtens für ein Fallbeispiel werden die gelernten Inhalte praktisch und umfassend geübt.

<b>Leistungsnachweis</b>
Studienarbeit (Erstellung eines IT-forensischen Gutachtens)
<b>Verwendbarkeit</b>
Die im Modul vermittelten Techniken der digitalen Forensik sind in der Beweissicherung und der Zuordnung von Vorfällen im digitalen Zeitalter unerlässlich. Die gelernte Methodik lässt sich auf bisher unbekannte IT-forensische Fragestellungen übertragen.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester.

Modulname	Modulnummer
Datenschutz	1639

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Arno Wacker	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
55041	VÜ	Datenschutz	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse der Informatik wie z.B. Kryptographie und Netzwerktechnologien.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen die Ziele und Grundbegriffe des Datenschutzes. Sie können erkennen, welche Vorgänge datenschutzrelevant sind und welche gesetzlichen und branchenspezifischen Regelungen dabei berücksichtigt werden müssen. Sie können Folgeabschätzungen für neue Technologien und Verfahren vornehmen und aktuelle technische Schutzmaßnahmen anwenden. Die Studierenden kennen Ansätze zum technischen Datenschutz und können die Datenschutzrelevanz passiver und aktiver Angriffe wie Verkehrsanalysen beurteilen und Abwägungen zwischen hoher Schutzwirkung und anderen Merkmalen wie Kosten, Bandbreite und Latenz treffen.

#### Inhalt

In diesem Modul wird ein Überblick über die Entwicklung des Datenschutzes im Allgemeinen gegeben und gezeigt, was die aktuelle rechtliche Lage insbesondere in Deutschland und der EU bezüglich des Datenschutzes ist. Der Fokus wird dabei auf der Datenschutz-Grundverordnung der EU (DSGVO) liegen.

Ziel der Vorlesung "Datenschutz" ist es, verstehen und begründen zu können, was Privacy ist und warum sie sowohl für Einzelne als auch für demokratische Gesellschaften von Bedeutung ist. Es wird ein kurzer Überblick über die Entwicklung der Privatheit in der menschlichen Geschichte gegeben und gezeigt, was die aktuelle rechtliche Lage insbesondere in Deutschland und der EU bezüglich Datenschutzes ist. Der Fokus wird dabei auf der Datenschutz-Grundverordnung der EU (DSGVO) liegen. Es werden u.a. Grundbegriffe des Datenschutzes erläutert und die Datenschutz-Grundsätze vorgestellt. Ein Schwerpunkt der Vorlesung „Datenschutz“ werden verschiedene technische Maßnahmen zur Umsetzung des Datenschutzes auf Grundlage des risikobasierten Ansatzes der DSGVO sein. Dafür werden die bereits existierenden technischen

<p>Maßnahmen vorgestellt und diskutiert, um das Wissen zu vermitteln, welche Techniken für welche Zwecke geeignet sind, worin ihre Vorteile und Nachteile bestehen und wo ihre Grenzen sind. Des Weiteren wird analysiert, welche Schritte aus technischer Sicht unternommen werden müssen, um die DSGVO-Regelungen möglichst lückenlos umzusetzen. Hierzu werden konkrete DSGVO-Anforderungen herangezogen und es wird diskutiert, welche Techniken geeignet sind, um diese Anforderungen zu erfüllen, z.B. welche Löschkonzepte anwendbar sind, um das Recht auf Löschung umzusetzen.</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• R. Petrljic, Ch. Sorge: Datenschutz - Einführung in technischen Datenschutz, Datenschutzrecht und angewandte Kryptographie, Springer Verlag, 2020</li> <li>• Th. Kranig, A. Sachs und M. Gierschmann: Datenschutz-Compliance nach der DSGVO Handlungshilfe für Verantwortliche inklusive Prüffragen für Aufsichtsbehörden, Bundesanzeiger Verlag, 2019</li> <li>• Reimer, Philipp: Verwaltungsdatenschutzrecht, Das neue Recht für die behördliche Praxis, Nomos Verlag, 2019</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p>
<p>Schriftliche Prüfung mit 30 Minuten Dauer oder mündlichen Prüfung mit 15 Minuten Dauer. Die Prüfungsform wird zu Beginn des Moduls festgelegt.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p>
<p>Das Modul gibt den Studierenden einen Überblick über nationale und internationale Datenschutz-Standards und behandelt schwerpunktmäßig Inhalte der DSGVO. Die Studierenden erwerben methodische und fachübergreifende Kompetenzen, um Handlungsfelder des technischen Datenschutzes zu verstehen und zu analysieren. Sie bekommen einen Überblick über zeigemäße praktische Ansätze, um je nach Anforderungen in der Systementwicklung das geeignete Verfahren auswählen zu können. Die Kenntnis der Grundsätze des Datenschutzes aus juristischer Sicht sowie der technischen Maßnahmen zur Datenschutz-Umsetzung ist für die Berufspraxis relevant.</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p>
<p>Das Modul dauert 1 Trimester.</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Identitätsmanagement</b>	1640

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr. rer. nat. Daniela Pöhn	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14461	VÜ	Identitätsmanagement	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Für die Vorlesung werden grundlegende Kenntnisse in den Bereichen Webanwendungen und IT-Sicherheit empfohlen.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick über Protokolle, Anwendungsbeispiele und Sicherheitsaspekte des Identitätsmanagements. Sie verstehen unterschiedliche Methoden und können die Modelle des Identitätsmanagements anwenden sowie die Protokolle vergleichen. Dadurch sind sie in der Lage, Bedeutung und Zusammenhänge verschiedener Einflussfaktoren auf die IT-Sicherheit und damit der Sicherheit der Identitäten zu analysieren. Mit dem erworbenen Wissen werden die Studierenden in die Lage versetzt, sich tiefergehend selbstständig einzuarbeiten und den Einsatz von Protokollen in verschiedenen Anwendungen zu bewerten.

#### Inhalt

Das Modul führt in die Grundlagen des Identitätsmanagements und deren Zusammenhang mit IT-Sicherheit ein. Darauf aufbauend bietet es einen breiten Überblick über verschiedene Protokolle des Identitätsmanagements im Webbereich, deren Sicherheit und Anwendungsgebiete. Dieser Überblick wird als Basis für die weitere Betrachtung der Sicherheit, des Security Managements und angrenzende Gebiete verwendet.

Die Vorlesung Identitätsmanagement betrachtet unterschiedliche Protokolle für Identitätsmanagement im Web-Bereich und deren Zusammenspiel mit der Sicherheit. Anhand unterschiedlicher Modelle des Identitätsmanagements werden die darin enthaltenen Protokollen, u.a. SAML, OAuth, OpenID Connect und User Managed Access, mit deren Rollen, Architekturen, Austauschformaten und mit Hilfe von Verwendungsbeispielen erklärt. Darauf aufbauend wird deren Sicherheit und das



Vertrauen in die gesendeten Benutzerinformationen analysiert. Dies beinhaltet typische Design-, Implementierungs- und Konfigurationsfehler sowie Fehler im Design der Protokolle selbst. Nach diesem Grundstock werden unter Einbeziehung von IT-Sicherheit und Security Management Normen, Guidelines, wie NIST SP 800-63, und praktischen Anwendungen, u.a. Vectors of Trust, dessen betrachtet. Abschließend wird ein Überblick über angrenzende Themen, wie Identitäten bei IoT, DNS und IEEE 802.1X, gegeben.
<b>Leistungsnachweis</b>
15 Min mündliche Prüfung oder 30 Min schriftliche Prüfung. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls festgelegt.
<b>Verwendbarkeit</b>
Digitale Identitäten sind aus dem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken und stellen zugleich einen wichtigen Baustein für die IT-Sicherheit dar. Die im Wahlpflichtmodul erworbenen Kenntnisse sind elementar für die Gestaltung von sicheren (Web-)anwendungen. Die Inhalte ergänzen die Ausbildung um einen Aspekt von hoher praktischer Bedeutung.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester.

Modulname	Modulnummer
<b>Schutz von kritischen Infrastrukturen</b>	1641

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Ulrike Lechner	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
55141	VÜ	Schutz von kritischen Infrastrukturen	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Allgemeinwissen in Themen der IT-Sicherheit und zu IT-Sicherheitsmaßnahmen, so wie es in einem Bachelor Informatik, Wirtschaftsinformatik oder einem technischen Studiengang vermittelt wird.
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studierende kennen gesetzliche Grundlagen, Normen und Standards der IT-Sicherheit Kritischer Infrastrukturen</li> <li>• Studierende kennen IT-Sicherheitsmaßnahmen für Kritische Infrastrukturen, die Technik, Mensch und Organisation adressieren</li> <li>• Studierende kennen Verfahren, IT-Sicherheitsmaßnahmen zu konzipieren und umzusetzen.</li> </ul>
Inhalt
Die Veranstaltung „IT-Sicherheit Kritischer Infrastrukturen“ thematisiert gesetzliche Grundlagen der IT-Sicherheit Kritischer Infrastrukturen und die Umsetzung der gesetzlichen Forderungen in den verschiedenen Sektoren der Kritischen Infrastrukturen. Eine Fallstudienreihe zu IT-Sicherheit Kritischer Infrastrukturen sowie konkrete Anwendungsbeispiele aus den Sektoren Kritischer Infrastrukturen stellen den Kern der Veranstaltung dar. Studierende lernen sowohl anhand von Fallbeispielen als auch anhand von Rahmenwerken wie den BSI IT-Grundschutz-Katalogen IT-Sicherheitsmaßnahmen kennen. Sie lernen Verfahren kennen, IT-Sicherheitsmaßnahmen für Kritische Infrastrukturen zu konzipieren, umzusetzen sowie zu evaluieren.
Leistungsnachweis
Studienarbeit
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester.

Modulname	Modulnummer
<b>Elektronische Displays</b>	1779

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr. rer. nat. Armin Wagner-Gentner	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
17791	VL	Elektronische Displays	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden allg. Kenntnisse im Bereich der Optik, Physik und der Elektrotechnik.

#### Qualifikationsziele

1. Die Studierenden lernen wesentliche Grundlagen über die visuelle Wahrnehmung, die zugehörigen lichttechnischen Größen und physikalische Grundlagen der Elektro-Optik kennen.
2. Das erworbene Wissen wird am Beispiel von Displayapplikationen im automobilen Umfeld und den zugehörigen spezifischen Anforderungen angewendet und vertieft.
3. Die Studierenden besitzen ein grundlegendes Verständnis über die Funktionsweise von gängigen Displaytechnologien und können applikationsspezifische Fragestellungen bewerten und eigenständig beantworten. Erforderliche Berechnungsmethoden und Verifikationsmöglichkeiten sind Ihnen bekannt.

#### Inhalt

Die Studierenden erhalten vertiefende Kenntnisse über Displaytechnologien. Ausgehend von der visuellen Wahrnehmung werden zugehörige lichttechnische Größen (Photometrie) abgeleitet, die die Grundlage für die Anforderungsableitung an Displaytechnologien bilden. Fokussiert wird auf die Automobilindustrie mit ihren zahlreichen und von der Consumer Electronics deutlich abweichenden Anforderungen von Kunde (u.a. Designintegration, Interaktion), Wettbewerb (u.a. Format, Funktion) und Regulator (u.a. Ablesbarkeit, Kopfaufschlag).

Gängige Displaytechnologien (LCD, OLED, Projektion) werden detailliert dargestellt und technische Funktionsprinzipien zugehöriger Subsysteme (z.B. Back-Plane, Front-Plane, Backlight, LED) erläutert.

Aufbauend auf dem erworbenen Verständnis zur Funktionsweise werden spezifische Applikationen (u.a. Head-Up-Display) diskutiert und zugehörige technisch

Fragestellungen (z.B. Beleuchtungskonzepte, Kontrast, Gamma, Farbraum) erörtert. Die Verifikation der technischen Anforderungen ist auf Basis der vermittelten Kenntnis im Bereich der Messtechnik möglich.

- das menschliche Auge
- Farbwahrnehmung, Auflösung, Kontrastsehen
- Farbräume
- Elektromagnetische Spektrum, Polarisation, Wellenoptik
- Photometrische Größen / Lichttechnische Größen
- Kontrast, Auflichtkontrast, Gamma
- Auflösung
- Displaytechnologien LCD, OLED, Projektion
- Backplane / Frontplane
- Elektro-Optik, Flüssigkristalle, Organische Materialien
- Ansteuerungselektronik, TFT, Active/Passiv Matrix
- Backlight-Technologien, LED, optische Komponenten
- Messtechnik, Leuchtdichte, Kontrast,

#### Leistungsnachweis

mP-30 oder sP-60.

Die Art des Leistungsnachweises wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester und findet im Wintertrimester statt.

Modulname	Modulnummer
Erweiterte Konzepte des Deep Learning	2800

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. Norbert Oswald	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
28001	SU	Erweiterte Konzepte des Deep Learning	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gute Kenntnisse in einer Programmiersprache</li> <li>• Interesse an der Thematik des maschinellen Lernens</li> <li>• Wünschenswert sind elementare Kenntnisse zu neuronalen Netzen, wie sie beispielsweise in der Vorlesung „Künstliche Intelligenz“ vermittelt werden</li> <li>• Die Anzahl der Teilnehmer ist beschränkt auf 10</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden sind vertraut mit dem aktuellen Forschungsstand der wichtigsten theoretischen Konzepte des Deep Learning und können die gängigen Lehrmeinungen kommunizieren und interpretieren. Sie sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, Entwicklungen und Konsequenzen im Themenbereich des maschinellen Lernens kritisch zu reflektieren. Die Studierenden besitzen die Kompetenz, unterschiedliche Topologien neuronaler Netze zu analysieren und auf ihre Eignung hin zu bewerten. Sie sind mit der interdisziplinären Arbeitsweise in diesem Themenbereich vertraut und können Aufgabenstellungen des Deep Learning selbständig bearbeiten. Die Studierenden besitzen praktische Fertigkeiten, mit denen sie in der Lage sind, Anwendungen des Deep Learning in Tensorflow und Python umzusetzen und geeignete Lösungen dafür zu programmieren.</p>

Inhalt
<p>Deep Learning ist ein Teilbereich des maschinellen Lernens basierend auf neuronalen Netzen. Mit Techniken des Deep Learning wurden in den letzten Jahren insbesondere in den Bereichen des Bildverstehens und der Sprachverarbeitung beachtliche Erfolge erzielt.</p> <p>In diesem Modul erwerben die Studierenden umfassende theoretische und praktische Kenntnisse des Deep Learning. Sie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen Techniken zur Optimierung neuronaler Netze kennen, Regularisierung, stochastisches Gradientenverfahren, Minibatch, Loss- und Aktivierungsfunktionen</li> <li>• eignen sich gängige Praktiken zum Trainieren und Evaluieren neuronaler Netze an</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• üben den Aufbau von Topologien wie Convolutional Neural Network und Recurrent Neural Network bzw. den von bekannten Architekturen wie LeNet oder AlexNet</li> <li>• befassen sich mit verschiedenen Themenstellungen wie Word Embeddings und Long-Short-Term Memory</li> <li>• entwickeln ein Generative Adversarial Network, um realitätsnahes Datenmaterial zu generieren</li> <li>• arbeiten sich in das Framework Tensorflow (mit tf.keras), in die Programmiersprache Python sowie in die Nutzung eines High-Performance Computercluster für Deep Learning Anwendungen ein</li> <li>• programmieren Lösungen zu Aufgaben aus den Anwendungsbereichen Zeichenerkennung, Segmentierung, Objektklassifizierung und Wortvorhersage</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Studienarbeit oder eine mündliche Prüfung von 30 Minuten. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Dieses Modul bildet die Grundlage für Masterarbeiten zu Themen aus dem Bereich "Deep Learning".
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul umfasst 1 Trimester. Dieses Modul wird nur in geraden Jahren im HT angeboten.
<b>Sonstige Bemerkungen</b>
Dieses Modul wird jeweils im Herbsttrimester in den geraden Jahren (also 2020, 2022, 2024 etc.) als WPM angeboten, also immer, wenn es kein Aufbaumodul "Deep Learning" in der Vertiefung AIS gibt.

Modulname	Modulnummer
<b>Entwicklung eines verbrennungsmotorbasierten Antriebskonzeptes für Personenkraftfahrzeuge</b>	2802

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. Christian Trapp	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
28021	VÜ	Entwicklung eines verbrennungsmotorbasierten Antriebskonzeptes für Personenkraftfahrzeuge	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<p>Grundlegende Kenntnisse der Module:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kolbenmaschinen und Maschinendynamik</li> <li>• Verbrennungskraftmaschinen I</li> <li>• Thermodynamik und Wärmeübertragung</li> <li>• Strömungstechnik</li> </ul>
Qualifikationsziele
<p>Grundlegende Kenntnis der simulationsgetriebenen Entwicklungsmethodik für ein Antriebskonzept, kennen lernen und anwenden der Methoden und Werkzeuge. Gemeinsame, durchgängige Entwicklung eines Motorkonzeptes unter Einsatz von Simulationsmethoden und Prüfstandsuntersuchungen.</p>
Inhalt
<p>Ablauf der Entwicklung eines Antriebskonzeptes: V-Model basierte Entwicklungsmethodik mit den einzelnen Entwicklungsschritten von der Analyse der Kundenanforderungen bis zur Validierung des Konzepts Kurze Einführung in die zugehörigen Methoden und Tools von Quality Function Deployment, über Design of Experiments, Simulation bis hin zu Prüfstandsuntersuchungen. Gemeinsame Entwicklung des Antriebskonzeptes für einen realen Antriebsstrang für einen PkW zur Erfüllung zu zukünftiger Anforderungen.</p>
Leistungsnachweis
Studienarbeit

**Verwendbarkeit**

Dieses Wahlpflichtfach vermittelt detaillierte Kenntnisse über den Ablauf der Entwicklung von Fahrzeugantrieben und er zugrundeliegenden Entwicklungsmethodik. Die Studierenden kennen die Grundlagen der eingesetzten Werkzeuge und Methoden und haben diese zur Entwicklung eines gemeinsamen Konzeptes eingesetzt.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul umfasst 1 Trimester. Dieses Modul beginnt jeweils im Herbsttrimester.



Modulname	Modulnummer
<b>Festigkeitsauslegung mit FEM</b>	3503

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Ralf Späth	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
35031	VÜ	Festigkeitsauslegung mit FEM	Wahlmodul	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Modul „Strukturberechnung I“ (damit nur für CE geeignet)

Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachkompetenz zur statischen Festigkeitsauslegung von tragenden Strukturen aus isotropem Werkstoff anhand von FEM-Analysen und Festigkeitswerten aus der Literatur auch unter Berücksichtigung von Stabilitätsversagen (lineare und nichtlineare Rechnung)</li> <li>Verständnis zur Aussagekraft von FEM-Ergebnissen, abhängig von Belastung, Werkstoffbeanspruchung und Modellierungstiefe</li> <li>Methodenkompetenz zur Durchführung von Betriebsfestigkeitsanalysen mit FEM</li> <li>Verständnis für Beanspruchungen bei Schweißverbindungen und deren Modellierung mit FEM</li> <li>Optimierung von tragenden Strukturen mittels geeigneter Algorithmen</li> <li>Selbstkompetenz: Sensibilisierung für Grenzen der Optimierungsstrategien</li> </ul>

Inhalt
<p>Das Seminar besteht aus einer Verquickung von Vorlesung und praktischer Rechneranwendung in einem Pool des RZ. Die verwendete Software ist Altair HyperWorks in der jeweils aktuellen Version. Dies wird ergänzt durch praktische Festigkeitsversuche im Labor – damit ist eine Rückkopplung der erzielten Ergebnisse im Labor auf die vorher durchgeführten FEM-Ergebnisse möglich.</p> <p>Übersicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Spannungsauswertung im Post-Processing der FEM</li> <li>Versagensarten in Realität und Modell</li> <li>Statischer Festigkeitsnachweis anhand von Spannungswerten</li> <li>Stabilitätsnachweis (Beulen, Knicken): linearer und nichtlinearer Ansatz</li> <li>Betriebsfestigkeitsnachweis mit FEM</li> <li>Modellierung von Schweißverbindungen mit FEM</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechnergestützte Festigkeits-Optimierung von Strukturen</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschungskuratorium Maschinenbau: Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile – FKM-Richtlinie.</li> <li>• The International Institute of Welding: Recommendations for fatigue design of welded joints and components. IIW document XIII-2151-07/XV-1254-07. Paris, France, June 2007.</li> <li>• Niemann, G. et al.: Maschinenelemente – Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen. 3. Aufl. Berlin: Springer, 2001.</li> <li>• Wittel, H. et al.: Roloff/Matek Maschinenelemente. 21. Aufl. Wiesbaden: Springer 2013.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche Prüfung, 30 min
<b>Verwendbarkeit</b>
Anwendung der FEM zur Festigkeitsauslegung und Optimierung
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert ein Trimester und wird im Wintertrimester angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.

Modulname	Modulnummer
<b>Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich</b>	3685

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Wolf	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	30	120	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36851	VL	Rechnerarchitekturen und ihre Realisierung für die PDV	Pflicht	1
36852	SP	Studienprojekt Microcontroller	Pflicht	2
36853	SP	Studienprojekt Signalprozessor	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse der Digitaltechnik und der Programmierung (BSc-Pflichtfächer)</li> <li>• Teilnahme an der Vorlesung „Architektur und Programmierung von Microcontrollern (B.Sc.) oder vergleichbares Vorwissen</li> <li>• Bereitschaft zur eigenmotivierten aktiven Mitarbeit in kleinen Teams</li> <li>• Wegen der studentenzentrierten Ausrichtung muss die Teilnehmerzahl für diese Lehrveranstaltung auf max. 6 Studierende begrenzt werden (3 Teams a 2 Studierende)</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Fachkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb von grundlegendem methodischen Wissen zum Bereich Prozessdatenverarbeitung (PDV)</li> <li>• Erwerb von vertieften Kenntnissen zur Anwendung von Microcontrollern in der Automatisierungstechnik als Kernanwendung in der PDV</li> </ul> <p>Methodenkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb von erweitertem methodischen Wissen zum Bereich Signalprozessoren und deren Programmierung</li> <li>• Sicheres Beherrschen der jeweiligen Programmierungsumgebungen</li> </ul> <p>Sozialkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur eigenständigen Problemlösung und Ergebnispräsentation in Team-Arbeit</li> </ul>

<p>Selbstkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Training on the Job der Programmierung anhand einer komplexen Aufgabenstellung</li> </ul>
<p><b>Inhalt</b></p> <p>Im Bereich der Rechneranwendungen nimmt Prozessdatenverarbeitung (PDV) bei der Rationalisierung und Automatisierung eine bedeutende Stellung ein, wobei technologisch vorwiegend Microcontroller (MCU) zur Ablaufsteuerung und Signalprozessoren zum Signalmonitoring im Anwendungsbereich zum Einsatz kommen. Die grundsätzlichen Rechnerarchitektur-Konzepte dieser Prozessoren werden im Vorlesungsteil behandelt, bevor die Studierenden zur Vertiefung dieser Grundkenntnisse dann anhand von exemplarischen Beispielen (z.B. Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors, Werkzeugmaschinensteuerung, Ablaufsteuerung einer Reaktionszeitmessung, Auswertung von Reaktionsverläufen, Bestimmung von Zeitverläufen) diese vertiefen. Die Programmierung erfolgt in Assembler, da dies den direkten Einblick in die Prozessoren erlaubt. Dabei ist auch der Programmtest mit Hilfe des Debugging eingeschlossen. Für diese Arbeiten stehen Entwicklungssysteme in einem Praktikumsraum zur Verfügung, an dem die Studierenden diese Lehrinhalte selbständig und in freier Zeiteinteilung erarbeiten sollen</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Andrew S. Tanenbaum, Rechnerarchitektur: Von der digitalen Logik zum Parallelrechner, Pearson Studium; Auflage: 6., aktualisierte (1. März 2014)</li> <li>• Kupris G., Thamm O., Mikrocontroller- Design. Hard- und Softwareentwicklung mit dem 68HC12/HCS12. Hanser, 2003</li> <li>• Reißeweber B, Prozessdatenverarbeitung, Oldenbourg, 1995, Signatur: /I-LB785</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p> <p>Der Leistungsnachweis für das Modul erfolgt in Form einer schriftlichen Prüfung von 45 Min Dauer (sP-45) oder einer mündlichen Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30). Die genaue Form der Prüfung wird zu Beginn des Moduls durch den Dozenten bekanntgegeben.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlpflichtmodul MINT</li> <li>• Wahlpflichtmodul CAE</li> </ul>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p> <p>1 Semester, in jedem (vorzugsweise FT), Startzeitpunkt ab 2. M.Sc. Semester</p>
<p><b>Sonstige Bemerkungen</b></p> <p>Modul von EIT für CAE</p>

Modulname	Modulnummer
Rechnergestützte Ergonomiesimulation mit Ramsis	3783

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Florian Engstler	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
37831	VÜ	Rechnergestützte Ergonomiesimulation mit Ramsis	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Der Besuch der Vorlesung „Grundlagen der Ergonomie“ (Wahlpflichtfach im 6. Trimester im Bachelor-Studiengang MB) wird empfohlen, ist aber keine Voraussetzung.

Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung von Kenntnissen über die physikalischen Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine.</li> <li>• Erlernen des digitalen Menschmodells Ramsis durch eigenständige praktische Anwendung auf Fragestellungen ergonomischer Produktgestaltung.</li> <li>• Detailliertes Verständnis ergonomischer Analyse- und Bewertungsverfahren und deren selbständige Anwendung an praktischen Beispielen.</li> </ul>

Inhalt
<p>Grundlagen ergonomischer Maßauslegung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erhalten einen Überblick über Historie und Stand der Technik digitaler Menschmodelle.</li> <li>• Sie erlernen die Grundlagen der physikalischen Ergonomie (Körpermaße und Körperkräfte) und deren Anwendung in der Produktgestaltung, insbesondere der Fahrzeugauslegung.</li> </ul> <p>Digitales Menschmodell Ramsis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Programmbedienung.</li> <li>• Sie beeinflussen Körpermaße der digitalen Manikins und erzeugen Nutzerpopulationen.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden werden in die Lage versetzt Manikins selbständig zu positionieren und plausible Körperhaltungen zu berechnen.</li> <li>• Sie lernen geometrische und visuelle Analysen bzgl. Haltung, Erreichbarkeiten, Freigänge etc. durchzuführen und zu interpretieren.</li> </ul> <p>Anwendungsbeispiel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Als durchgängiges Anwendungsbeispiel dient die ergonomische Auslegung eines Fahrzeugs.</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<p>Bubb, Heiner (2015): Automobilergonomie. Wiesbaden: Springer Vieweg (ATZ / MTZ-Fachbuch).</p> <p>Bullinger, Angelika C.; Mühlstedt, Jens (Hg.) (2016): Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Wiesbaden: Springer Vieweg.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung in Kombination mit Rechneranteil von 120 Minuten Dauer. Keine Hilfsmittel erlaubt.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<p>Menschen interagieren auf vielfältige Art und Weise mit technischen Systemen. Eine auf menschliche Körpermaße optimal angepasste Produktgestaltung ist Grundvoraussetzung für deren effiziente und sichere Nutzung. Auch im Bereich militärischer Systeme zeigt sich hier immer wieder Optimierungspotenzial. Die erlernten Methoden und Werkzeuge ermöglichen den Studierenden eine selbständige ergonomische Maßauslegung von Produkten und Fahrzeugen durchzuführen.</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>Das Modul dauert 1 Trimester und beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.</p>
<b>Sonstige Bemerkungen</b>
<p>Die Teilnehmerzahl ist auf 10 begrenzt.</p>

Modulname	Modulnummer
Reverse Engineering	3819

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Johannes Kinder	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
38191	VL	Reverse Engineering	Pflicht	2
38192	P	Reverse Engineering	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Von den Studierenden werden Kenntnisse in der maschinennahen Programmierung vorausgesetzt, wie sie z.B. in der gleichnamigen Bachelor-Veranstaltung vermittelt werden.

Grundlagen von Betriebssystemen, wie sie z.B. in der Bachelorvorlesung Einführung in Betriebssysteme vermittelt werden.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, passende Werkzeuge und Methoden zur Analyse von geschützten Programmen zu bewerten und auszuwählen, sowie die praktische Fähigkeit, Programme manuell zu analysieren bzw. für eine automatisierte Analyse vorzubereiten. Sie können dabei wiederkehrende Aufgaben identifizieren und geeigneten Mechanismen (z.B. Skripte/Plugins) zur Unterstützung entwickeln. Dies ermöglicht ihnen, in kompilierten Programmen ohne Zugriff auf Quelltext effektiv nach Informationen oder Schwachstellen zu suchen.

#### Inhalt

Die Vorlesung behandelt aktuelle Themengebiete des Reverse Engineerings, insbesondere relevante Grundlagen, wie Maschinensprache, Disassemblierung, Debugging, und die Semantik von Instruktionen. Ein Schwerpunkt wird auf die Analyse des Kontrollflusses gesetzt, und wie das Verhalten von Code zur Laufzeit vorhergesagt werden kann. Dabei sind sowohl interaktive statische und/oder dynamische Methoden, als auch automatische Methoden von Interesse.

Darüber hinaus beschäftigt sich die Vorlesung mit verschiedenen Schutzmechanismen (Obfuscations), die ein Reverse Engineering verhindern sollen, und effektiven Gegenmaßnahmen. Dies beinhaltet z.B. sog. „Packer“, die verschlüsselte Programme

zur Laufzeit in den Arbeitsspeicher entpacken, sowie „Virtualizer“, die einen zufälligen Interpreter für jedes Programm erzeugen.

Im Praktikum Reverse Engineering lernen die Studierenden, die in der Vorlesung vermittelten Techniken umzusetzen. Hierbei werden verschiedene aktuelle Tools eingesetzt, um komplexe Probleme aus der Praxis eigenständig bzw. in kleinen Teams zu lösen.

#### Leistungsnachweis

Notenschein oder schriftliche Prüfung mit 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung mit 20 Minuten Dauer. Die Prüfungsform wird zu Beginn des Moduls festgelegt.

#### Verwendbarkeit

Die manuelle oder automatisierte Analyse von Programmen mittels Reverse Engineering ist in der praktischen Sicherheitsanalyse von Software in vielen Bereichen unumgänglich.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.



Modulname	Modulnummer
<b>Statische Programmanalyse</b>	3838

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Johannes Kinder	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	84	96	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
38381	VÜ	Statische Programmanalyse	Pflicht	4
38382	P	Praktikum Statische Programmanalyse	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>7</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Grundkenntnisse der mathematischen Logik wie sie im Bachelor vermittelt werden. Darüber hinaus sind für das Praktikum Kenntnisse in funktionalen Programmiersprachen (z.B. Scala) hilfreich, aber nicht notwendig.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen die wichtigsten Konzepte und Techniken aus dem Bereich der statischen Programmanalyse. Sie erwerben ein Verständnis der mathematischen Grundlagen sowie der Chancen und Grenzen dieser Verfahren. Sie sind ebenso in der Lage, einfache statische Analysen selbst umzusetzen.

#### Inhalt

Statische Programmanalysen sind in modernen Entwicklungsprozessen ein häufig eingesetztes Werkzeug zur automatischen Fehlersuche. Ursprünglich hauptsächlich im Bereich der sicherheitskritischen Software verwendet, findet man kommerzielle Tools zunehmend als Teil von Continuous-Integration Plattformen. Viele führende Softwarefirmen beschäftigen mittlerweile Teams, die angepasste Software für die statische Analyse der eigenen Code-Basis entwickelt und pflegt.

Statische Programmanalyse bezeichnet Verfahren, die automatisch Software untersuchen, um bestimmte Eigenschaften zu überprüfen oder automatisch Fehler zu finden. Dabei wird die Software nicht ausgeführt, sondern ausschließlich der Programmcode (Quelltext oder Maschinensprache) betrachtet. Die zu Grunde liegende Idee ist, mit Hilfe von mathematischen Verfahren die Semantik des Programms zu approximieren, und so Fehler und Schwachstellen auszuschließen oder zu finden.

Die Vorlesung Statische Programmanalyse gibt einen Überblick über die relevanten Grundlagen und stellt dann ausgewählte Anwendungen vor. Abgedeckte Themen sind unter anderem:

- Automatische Fehlersuche
- Datenflussanalyse
- Kontrollflussanalyse
- Pointeranalyse
- Abstrakte Interpretation

Im begleitenden Praktikum Statische Programmanalyse lernen die Studierenden, Techniken der statischen Analyse selbst für eine einfache Programmiersprache zu implementieren.

#### Leistungsnachweis

Notenschein

#### Verwendbarkeit

Statische Programmanalysen sind weit verbreitet, Einsatzgebiete sind unter anderem die automatische Fehlersuche zur Entwicklungszeit, Security Audits von binärer Third-Party Software, Compileroptimierungen und Unterstützung und Automatisierung innerhalb von Entwicklungsumgebungen.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester.

Modulname	Modulnummer
Dynamische Programmanalyse	3849

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Johannes Kinder	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	84	96	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
38491	VÜ	Dynamische Programmanalyse	Pflicht	4
38492	P	Praktikum Fuzzing	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>7</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Von den Studierenden werden Kenntnisse in der maschinennahen Programmierung vorausgesetzt, wie sie in der gleichnamigen Bachelor-Veranstaltung vermittelt werden. Kenntnisse in der Programmiersprache Python sind hilfreich, aber nicht notwendig.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen verschiedene Konzepte und Werkzeuge der dynamischen Programmanalyse. Dies beinhaltet das Verständnis verschiedener Verfahren zur automatischen Suche nach Fehlern, insbesondere des automatischen Fuzz Testings. Sie können verschiedene Techniken aus diesen Bereichen umsetzen und ihre Vor- und Nachteile abwägen.

#### Inhalt

Dynamische Programmanalysen bezeichnen zusammenfassend Verfahren, die automatisch Software zur Laufzeit untersuchen um Informationen über das Programmverhalten zu bekommen, wie z.B. welche Eingaben zu Programmabstürzen führen, oder ob die Software vertrauliche Informationen ausgeben kann. Dynamische Programmanalysen basieren teils auf Zufallsverfahren, teils auf logischer Charakterisierung der Eingaben. Sie werden in der Praxis eingesetzt um Fehler und Schwachstellen in Software zu verhindern oder zu erkennen.

Die Vorlesung behandelt unter anderem die folgenden Themen und Techniken:

- Fuzzing (Mutation-based, Grammar-based)
- Coverage Feedback
- Taint Tracking
- Binary Instrumentation
- Symbolic Execution

Im Praktikum Fuzzing lernen die Studierenden den Stand der Technik und praktische Herausforderungen im Fuzztesting kennen. Als Teil des Praktikums wenden die Studenten bestehende Systeme an und entwickeln auch einen eigenen Fuzzer und eigene Teststrategien. In vielen Fällen wird Eigenrecherche und Autodidaktik zur Lösung der Aufgaben notwendig sein.
Leistungsnachweis
Notenschein
Verwendbarkeit
Dynamische Programmanalyse und Fuzzing sind in der Praxis weit verbreitet und werden ergänzend zur manuellen Analyse von Programmen eingesetzt.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert ein Trimester.

Modulname	Modulnummer
Technisches Fachenglisch 2 für CAE	3932

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Jackie Adams	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	48	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
39321	SE	Technisches Fachenglisch 2 für CAE	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Mittleres Sprachleistungsniveau (vergleichbar mit SLP-Stufe 3332 bzw. CEFR-Stufe B1-B2)

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden erlangen die Fähigkeit mit mehr sprachlicher Korrektheit, Flüssigkeit und Sicherheit im Umgang mit technischen Themen in Wort und Schrift zu kommunizieren.</p> <p>Die Studierenden können gelernte Strategien anwenden, um ein verbessertes Lese- und Hörverständnis von technischen Texten und Vorträgen zu erreichen.</p> <p>Die Studierenden werden in die Lage versetzt ihren Fachwortschatz in Bereich CAE zu erweitern</p>

Inhalt
<p>In diesem Modul</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erhalten die Studierenden ein realistisches Training (Präsentationen, Diskussionen und Debatten), wie sie die Anwendung von Computer Aided Engineering in verschiedenen Branchen (Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Elektronik, Energie und Umwelt, Schifffahrt, Gesundheitswesen usw.) erklären können.</li> <li>• werden mit den Grundlagen von Beschreibung von einfachen und komplexen Maschinen und Prozessen bekannt gemacht.</li> <li>• lernen die Studierenden die richtigen Kommunikationsstrategien durch die Teilnahme an Simulationen von Kolloquien, der Darstellung von Projektvorhaben und Teambesprechungen zu technischen Themen.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• erhalten die Studierenden eine grundlegende Einführung in der Erstellung von technischen Texten und Anweisungen in schriftlicher Form.</li><li>• lernen die Studierenden Strategien, um ihr Lese- und Hörverständnis von technischen Texten und Vorträgen zu verbessern.</li><li>• werden mit den Grundlagen von technischen Grammatik- und Wortschatztraining bekannt gemacht.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Die Art des Leistungsnachweises wird mit Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben (sP-90 bzw. mP-20-30 sowie ein Midterm-Leistungsnachweis sind möglich).
<b>Verwendbarkeit</b>
Dieser Kurs richtet sich an Studierende, die im technischen Umfeld auf globaler Ebene effektiver kommunizieren möchten.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.
<b>Sonstige Bemerkungen</b>
Zur Erlangung der Lernziele ist eine regelmäßige und aktive Unterrichtsteilnahme unerlässlich. Die Teilnehmerzahl ist auf 6-14 begrenzt.

Modulname	Modulnummer
<b>Offensive Sicherheitsüberprüfungen</b>	5523

Konto	Wahlpflichtmodule - CAE 2023
-------	------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Arno Wacker	Wahlpflicht	4

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
55091	VÜ	Penetration Testing	Pflicht	6
55093	P	Penetration Testing	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>9</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Gute Kenntnisse in den Bereichen Netzsicherheit und Systemsicherheit, wie in den gleichnamigen beiden Modulen vermittelt.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können organisationsinterne Überprüfungen der IT-Sicherheitseigenschaften von Systemen, Diensten und Netzen planen und durchführen. Sie beherrschen Testmethoden auf Netz-, Anwendungs- und Systemebene und haben ausgewählte aktuelle Werkzeuge für diesen Zweck kennengelernt. Sie kennen die Aufgabenbereiche und Randbedingungen von Red Teams und Pentesting-Dienstleistern.
Inhalt
Die Vorlesung Penetration Testing führt in die Aufgabengebiete von Pentesting- bzw. Red-Teams ein. Für verschiedene Anwendungsgebiete wie das Sicherheitstesten einzelner Systeme, komplexerer IT-Dienste und ganzer Rechnernetze und IT-Infrastrukturen werden die Vor- und Nachteile verschiedener Testvarianten wie Whitebox- und Blackbox-Tests analysiert. Unter Orientierung an bewährten Good-Practice-Dokumentationen wie OWASP und OSSTMM werden praxisrelevante Angriffsvarianten von der Reconnaissance-Phase bis zum Einbringen von Exploit-Payloads behandelt. Ebenso werden die strukturierte Erstellung von Pentesting-Berichten und deren Auswertung durch die auftraggebende Organisation betrachtet.
Das Praktikum Penetration Testing stellt auf Basis einer Praktikumsinfrastruktur (abgeschottete Laborumgebung) Aufgaben, in denen die Studierenden als fiktiver Auftragnehmer eines technischen Penetrationstests fungieren. Mithilfe ausgewählter bereitgestellter Softwarewerkzeuge müssen die für Pentests ausgewählten Systeme, Dienste und Subnetze erkundet und auf verschiedenste Verwundbarkeiten untersucht

werden, ohne den Betrieb der übrigen Infrastruktur zu beeinträchtigen. Für einige Überprüfungen müssen eigene Werkzeuge bzw. Skripte/Payloads konzipiert und implementiert werden. Über die gewählte Vorgehensweise, die einzelnen Schritte der Durchführung und die zu priorisierenden Ergebnisse ist eine Ausarbeitung zu erstellen, die vom Stil her an Pentest-Berichte angelehnt ist.
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflicht für das Vertiefungsfeld Cyber Network Capabilities (CNC) im Studiengang MCYB</li><li>• Wahlpflicht für das Vertiefungsfeld Enterprise Security (ES) im Studiengang MCYB</li><li>• Wahlpflicht im Studiengang MME, Wahlpflichtgruppe ITSK</li><li>• Wahlpflicht im Studiengang MCAE</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1-2 Trimester.



Modulname	Modulnummer
Masterarbeit	1443

Konto	Masterarbeit - CAE 2023
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Ralf Späth	Pflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
720		720	24

#### Empfohlene Voraussetzungen

Die Masterarbeit kann frühestens im Frühjahrstrimester im zweiten Studienjahr begonnen werden.

Aufgabenspezifische Voraussetzungen werden durch den Aufgabensteller definiert und mit dem Kandidaten abgesprochen.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden verfügen über die Kompetenz zur selbständigen Bearbeitung einer anspruchsvollen Aufgabenstellung mit wissenschaftlichen Methoden. Dazu müssen die in anderen Modulen des Studienganges erworbenen Kenntnisse und Kompetenzen eingesetzt werden.

Instrumentale Kompetenzziele:

- Die Studierenden besitzen vertiefte Kenntnisse und Kompetenzen auf dem Gebiet der Aufgabenstellung.
- Die Studierenden sind in der Lage, sich durch Recherche und Studium von Fachliteratur ein Wissensgebiet selbständig zu erschließen und die Literatur kritisch zu bewerten.

Systematische Kompetenzziele:

- Die Studierenden können Methoden aus dem Gebiet der Aufgabenstellung auswählen und anwenden.
- Die Studierenden sind in der Lage wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden weiter zu entwickeln.
- Die Studierenden verfügen über eine systematische und zielführende Arbeitsweise die der Aufgabe angemessen und effizient ist. Sie können darüber hinaus ihre Ergebnisse sinnvoll interpretieren und mit Literaturergebnissen in einen Kontext stellen.

<p>Kommunikative Kompetenzziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage die Aufgabenstellung, den Stand der Kenntnisse, die eigenen Arbeitsmethoden und Ergebnisse sinnvoll und klar strukturiert schriftlich darzustellen und gegebenenfalls mündlich zu präsentieren.</li> </ul>
<b>Inhalt</b>
<p>Selbständiges Bearbeiten einer anspruchsvollen, fachbezogenen Aufgabenstellung mit wissenschaftlichen Methoden. Dies beinhaltet je nach Aufgabenstellung folgende Teilaspekte, die auch in die Bewertung der Arbeit mit einfließen können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auffinden und Analysieren der für das Arbeitsthema geeigneten Fachliteratur</li> <li>• Vergleich, Auswahl und Einsatz geeigneter Lösungsmethoden</li> <li>• Gegebenenfalls Planung, Durchführung und Dokumentation von Experimenten</li> <li>• Gegebenenfalls Konzeption und Durchführung von Berechnungen, Entwicklung von Programmen oder Konstruktion und Auslegung von Bauteilen</li> <li>• Kritische Bewertung der Ergebnisse</li> <li>• Erstellen der schriftlichen Arbeit und gegebenenfalls einer mündlichen Präsentation.</li> </ul> <p>Die Problemstellung der Masterarbeit soll sich von der in der Bachelorarbeit bearbeiteten Problemstellung signifikant unterscheiden.</p>
<b>Leistungsnachweis</b>
Wissenschaftliche Ausarbeitung.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Die Masterarbeit ist innerhalb von 5 Monaten zu bearbeiten. Für den Erstversuch ist der Beginn am 1. April eines jeden Jahres. Bei Nichtbestehen kann sofort nach Feststellen des Prüfungsergebnisses mit einer neuen Arbeit begonnen werden.

Modulname	Modulnummer
<b>Seminar studium plus, Training</b>	1008

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

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. Ina Ulrike Paul	Pflicht	

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
<b>Kurzbeschreibung:</b>

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.

**Dieses Modul geht nur mit 3 ECTS-Punkten in die Gesamtnotenberechnung ein!**

#### 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>Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2023</b>		<b>12</b>
1	1	1420	Höhere Mathematik	T. Sturm	7
1	1	1421	Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung	J. Böttcher	5
		<b>8</b>	<b>Rechnergestützte Produktentstehung - CAE 2023</b>		
		<b>8a</b>	<b>Rechnergestützte Produktentstehung: PFL-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
2	2	1422	CAx- Technologien	V. Nedeljkovic-Groha	10
		<b>8b</b>	<b>Rechnergestützte Produktentstehung: Aufbau-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
2	3	1423	Methoden in der Produktentwicklung	A. Koch	5
1		3489	Entwicklungsmanagement	A. Koch	5
		<b>9</b>	<b>Computational Engineering - CAE 2023</b>		
		<b>9a</b>	<b>Computational Engineering: PFL-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
2	2	1426	Strukturberechnung I	R. Späth	5
3	3	3692	Numerische Strömungsberechnung	S. Lecheler	5
		<b>9b</b>	<b>Computational Engineering: Aufbau-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
2	3	1425	Materialmodelle und Numerik	M. Johlitz	5
3	4	1427	Strukturberechnung II	A. Lion	5
		<b>10</b>	<b>Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2023</b>		
		<b>10a</b>	<b>Simulations- und Versuchstechnik: PFL-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
2	2	1429	Experimentiertechnik	R. Keppeler	5
2	2	1432	Prozesssimulation	F. Faßbender	5
		<b>10b</b>	<b>Simulations- und Versuchstechnik: Aufbau-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
3	3	1430	Digitale Signalverarbeitung	G. Staude	5
2	3	1431	Fahrzeugdynamik	A. Lion	5
		<b>11</b>	<b>Electronic Design Automation - CAE 2023</b>		
		<b>11a</b>	<b>Electronic Design Automation: PFL-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
2	2	3658	Electronic Design Automation I	M. Heinitz	5
2	2	3659	Electronic Design Automation II	F. Englberger	5
		<b>11b</b>	<b>Electronic Design Automation: Aufbau-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
3		5536 (FH)	System on Chip Entwurf	M. Korb	5
1	1	6059	Integrierte Schaltungen	L. Maurer	5
		<b>12</b>	<b>Wireless Communications - CAE 2023</b>		
		<b>12a</b>	<b>Wireless Communications: PFL-Module CAE 2023</b>		<b>10</b>
3	2	1438	Kanal- und Quellencodierung	K. Graf	5
3	3	3660	Funkübertragungssysteme	S. Lindenmeier	5

		<b>12b</b>	<b>Wireless Communications: Aufbau-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
2	2	1436	Transmission Techniques for Wireless Channels	E. Riederer	5
3	3	3916	Adaptive Übertragung und Signalverarbeitung	F. Lenkeit	5
		<b>13</b>	<b>Autonome Intelligente Systeme - CAE 2023</b>		
		<b>13a</b>	<b>Autonome Intelligente Systeme: PFL-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
2	2	3661	Kognitive Systeme	N. Oswald	5
2	2	3662	Robotersysteme	A. Neve	5
		<b>13b</b>	<b>Autonome Intelligente Systeme: Aufbau-Module - CAE 2023</b>		<b>10</b>
3	3	3693	Robotik-Praxis	F. Englberger	5
3	1	3694	Algorithmische Geometrie	M. Minas	5
3	3	3696	Deep Learning	N. Oswald	5
		<b>14</b>	<b>Wahlpflichtmodule - CAE 2023</b>		<b>9</b>
3	4	1048	Aerothermodynamik	C. Mundt	5
2	3	1053	Computational Fluid Dynamics	M. Klein	5
3	4	1054	Dynamik und Regelung von Satelliten	R. Förstner	5
3	4	1065	FVW- Strukturen	P. Höfer	5
3	1	1066	Gasdynamik	C. Kähler	5
4	2	1068	Leichtbaustrukturen	P. Höfer	5
4	2	1072	Messmethoden in der Strömungsmechanik	C. Kähler	5
2	3	1075	Moderne Methoden der Regelungstechnik	G. Reißig	5
2	3	1076	Moderne Strukturwerkstoffe	P. Höfer	5
3	1	1077	Nichtgleichgewichts -Thermodynamik	C. Mundt	5
4	2	1078	Numerische Mathematik	M. Klein	5
4	2	1080	Prozessrechentchnik	H. Wünsche	5
3	4	1081	Raumfahrtantriebe	C. Mundt	5
3	1	1082	Regelungstechnik	F. Svaricek	5
3	1	1086	Satellitensysteme	R. Förstner	5
2	3	1087	Sensortechnik	H. Wünsche	5
3	1	1088	Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen	E. Jäggle	5
2	3	1089	Strukturdynamik	P. Höfer	5
2	3	1090	Wärme- und Stofftransport	M. Pfitzner	5
4	2	1091	Weltraumphysik	R. Förstner	5
3	3	1109	Algorithmen und Datenstrukturen in C++	R. Finsterwalder	3
2	3	1154	Einführung in die Klebtechnik	J. Holtmannspötter	3
3	3	1160	Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik	M. Strösser	3
1	1	1170	Projektmanagement CAE	H. Hagel	6
4	2	1171	Prozessmanagement und Engineering Standards	H. Hagel	6
2	1	1191	Maschinendynamik	A. Lion	3
2	3	1290	Antennentechnik und EMV in der Kommunikationstechnik	S. Lindenmeier	5
2	2	1389	Rechnergestützte Layoutverfahren	C. Deml	3
2	2	1410	Verteilte Internetanwendungen	E. Riederer	3
2	2	1411	Simulation technischer Prozesse	W. Waldruff	5
2	3	1423	Methoden in der Produktentwicklung	A. Koch	5
3	3	1430	Digitale Signalverarbeitung	G. Staude	5
1	1	1444	Studienarbeit	R. Späth	6
2	2	1445	Graphische Benutzeroberflächen	R. Finsterwalder	3

2	2	1447	Ballistik	J. Höcherl	3
3	3	1448	Schiffsmodellversuchswesen	H. Augustin	3
2	2	1449	Schwingbruchgefährdete Bauteile sicher dimensionieren und betreiben	T. Kuttner	3
3	3	1452	Praktikum Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen	M. Sauter	3
1	1	1458	Rechnernetze	G. Dreo Rodosek	5
2	2	1459	Netz- und Systemmanagement	G. Dreo Rodosek	3
1	3	1460	Mobile Kommunikationssysteme	G. Dreo Rodosek	3
3	3	1466	Schadenskunde	G. Löwisch	3
2	2	1494	Prozesssimulation	F. Faßbender	5
3	2	1495	Praxis der Kraftfahrzeugaerodynamik	O. Meyer	3
3	3	1509	Wirksystemtechnologien	J. Höcherl	3
3	3	1527	Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden	T. Dickhut	3
1	1	1529	Simulation	O. Rose	4
	3	1638	Digitale Forensik	H. Baier	6
	1	1639	Datenschutz	A. Wacker	3
	4	1640	Identitätsmanagement	D. Pöhn	3
	3	1641	Schutz von kritischen Infrastrukturen	U. Lechner	3
3		1779	Elektronische Displays	A. Wagner-Gentner	3
2	2	2800	Erweiterte Konzepte des Deep Learning	N. Oswald	6
2	2	2802	Entwicklung eines verbrennungsmotorbasierten Antriebskonzeptes für Personenkraftfahrzeuge	C. Trapp	3
3	3	3503	Festigkeitsauslegung mit FEM	R. Späth	3
	2	3685	Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich	W. Wolf	5
3	3	3783	Rechnergestützte Ergonomiesimulation mit Ramsis	F. Engstler	3
3	3	3819	Reverse Engineering	J. Kinder	6
4	4	3838	Statische Programmanalyse	J. Kinder	6
3		3849	Dynamische Programmanalyse	J. Kinder	6
2	2	3932	Technisches Fachenglisch 2 für CAE	J. Adams	3
4	3	5523	Offensive Sicherheitsüberprüfungen	A. Wacker	9
		<b>15</b>	<b>Masterarbeit - CAE 2023</b>		<b>24</b>
4		1443	Masterarbeit	R. Späth	24
		<b>99MA</b>	<b>Verpflichtendes Begleitstudium plus</b>		<b>5</b>
		1008	Seminar studium plus, Training	I. Paul	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
	17791	Elektronische Displays	Vorlesung	Pf	3
	34891	Entwicklungsmanagement	Vorlesung	Pf	4
	34892	Entwicklungsmanagement	Übung	Pf	2
	38382	Praktikum Statische Programmanalyse	Praktikum	Pf	3
	38491	Dynamische Programmanalyse	Vorlesung/Übung	Pf	4
	38492	Praktikum Fuzzing	Praktikum	Pf	3
	55093	Penetration Testing	Praktikum	Pf	3
	55361	System on Chip Entwurf V/Ü	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	10661	Gasdynamik	Vorlesung	Pf	2
1	10662	Gasdynamik	Übung	Pf	2
1	10771	Nichtgleichgewichts-Thermodynamik	Vorlesung/Übung	Pf	4
1	10821	Regelungstechnik	Vorlesung	Pf	2
1	10822	Regelungstechnik	Übung	Pf	2
1	10861	Satellitensysteme	Vorlesung	Pf	2
1	10862	Satellitensysteme	Übung	Pf	2
1	10881	Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen	Vorlesung	Pf	2
1	10882	Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen	Übung	Pf	2
1	11433	Simulation	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	11701	Projektmanagement	Vorlesung	Pf	3
1	11702	Projektmanagement	Übung	Pf	2
1	11951	Algorithmische Geometrie	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	11971	Rechnernetze	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	11972	Mobile Kommunikationssysteme	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	12451	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	12461	Integrierte Schaltungen	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	14201	Angewandte Mathematik für das Engineering	Vorlesung	Pf	3
1	14202	Angewandte Mathematik für das Engineering	Übung	Pf	1
1	14203	Fortgeschrittene mathematische Methoden	Vorlesung	Pf	3
1	14204	Fortgeschrittene mathematische Methoden	Übung	Pf	1
1	14205	Stochastik	Vorlesung	Pf	1
1	14206	Stochastik	Übung	Pf	1
1	14211	Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung	Vorlesung	Pf	3
1	14212	Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung	Praktikum	Pf	2
1	55041	Datenschutz	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	10681	Leichtbaustrukturen	Vorlesung/Übung	Pf	5
2	10721	Messmethoden in der Strömungsmechanik	Vorlesung	Pf	2

2	10722	Messmethoden in der Strömungsmechanik	Übung	Pf	2
2	10781	Numerische Mathematik	Vorlesung	Pf	3
2	10782	Numerische Mathematik	Übung	Pf	1
2	10801	Prozessrechentchnik	Vorlesung	Pf	2
2	10802	Prozessrechentchnik	Übung	Pf	2
2	10911	Weltraumphysik	Vorlesung	Pf	2
2	10912	Weltraumphysik	Übung	Pf	2
2	11711	Prozessmanagement und Engineering Standards	Vorlesung	Pf	3
2	11712	Prozessmanagement und Engineering Standards	Übung	Pf	2
2	11973	Netz- und Systemmanagement	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	13891	Rechnergestützte Layoutverfahren	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	14101	Verteilte Internetanwendungen	Praktikum	Pf	4
2	14221	CAD/Rechnerintegrierte Produktion	Vorlesung	Pf	3
2	14222	Integrierte Produktionsplanung	Vorlesung	Pf	3
2	14223	Rapid Prototyping	Vorlesung	Pf	2
2	14224	CAX-Praktikum	Praktikum	Pf	1
2	14261	Grundlagen der FEM	Vorlesung	Pf	2
2	14262	FEM-Praktikum	Praktikum	Pf	2
2	14263	Grundlagen der FEM - Übung	Übung	Pf	2
2	14291	Experimentaltechnik	Vorlesung/Übung	Pf	7
2	14313	Praktikum Fahrzeugdynamik	Praktikum	Pf	2
2	14321	Prozesssimulation	Vorlesung/Übung	WPf	6
2	14322	Simulation technischer Prozesse	Vorlesung/Übung	WPf	6
2	14361	Transmission Techniques for Wireless Channels	Vorlesung	Pf	2
2	14362	Transmission Techniques for Wireless Channels	Übung	Pf	1
2	14363	Transmission Techniques for Wireless Channels	Praktikum	Pf	3
2	14381	Kanal- und Quellencodierung	Vorlesung/Übung	Pf	6
2	14451	Graphische Benutzeroberflächen	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	14471	Ballistik	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	14491	Schwingbruchgefährdete Bauteile sicher dimensionieren und betreiben	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	14951	Praxis der Kraftfahrzeugaerodynamik	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	28001	Erweiterte Konzepte des Deep Learning	Seminaristischer Unterricht	Pf	5
2	28021	Entwicklung eines verbrennungsmotorbasierten Antriebskonzeptes für Personenkraftfahrzeuge	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	36581	Einführung in die Electronic Design Automation	Vorlesung	Pf	2
2	36582	Einführung in die Electronic Design Automation	Übung	Pf	1
2	36583	Technologie integrierter Schaltungen	Vorlesung	Pf	4
2	36591	EDA II - System on a Chip	Vorlesung/ Sem.Unterricht/Übung		5
2	36611	Kognitive Systeme	Vorlesung/Übung	Pf	4
2	36621	Sensorik	Vorlesung	Pf	3
2	36622	Robotersysteme	Vorlesung	Pf	2
2	36851	Rechnerarchitekturen und ihre Realisierung für die PDV	Vorlesung	Pf	1
2	36852	Studienprojekt Microcontroller	Studienprojekt	Pf	2
2	36853	Studienprojekt Signalprozessor	Studienprojekt	Pf	2
2	38191	Reverse Engineering	Vorlesung	Pf	2

2	39321	Technisches Fachenglisch 2 für CAE	Seminar	WPf	3
3	10531	Computational Fluid Dynamics (CFD)	Vorlesung	Pf	2
3	10532	Computational Fluid Dynamics (CFD)	Übung	Pf	2
3	10751	Moderne Methoden der Regelungstechnik	Vorlesung	Pf	2
3	10752	Moderne Methoden der Regelungstechnik	Übung	Pf	2
3	10761	Moderne Strukturwerkstoffe	Vorlesung	Pf	3
3	10762	Moderne Strukturwerkstoffe	Übung	Pf	2
3	10871	Sensortechnik für Autonome Systeme	Vorlesung	Pf	2
3	10872	Sensortechnik für Autonome Systeme	Übung	Pf	2
3	10891	Strukturmechanik	Vorlesung/Übung	Pf	5
3	10901	Wärme- und Stofftransport	Vorlesung	Pf	3
3	10902	Wärme- und Stofftransport	Übung	Pf	2
3	11091	Algorithmen und Datenstrukturen in C++	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	11541	Einführung in die Klebtechnik	Vorlesung	Pf	2
3	11542	Einführung in die Klebtechnik	Übung	Pf	1
3	11601	Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik	Vorlesung	Pf	2
3	11602	Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik	Übung	Pf	1
3	11611	Fahrzeugdynamik	Vorlesung	Pf	2
3	11612	Fahrzeugdynamik	Übung	Pf	1
3	11911	Maschinendynamik	Vorlesung	Pf	2
3	11912	Maschinendynamik	Übung	Pf	1
3	12901	Antennentechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	12902	EMV in der Kommunikationstechnik	Vorlesung/Übung	Pf	2
3	13561	Experimentelle Mechanik und Materialmodellierung	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	14231	Methoden in der Produktentwicklung	Vorlesung	Pf	4
3	14232	Methoden in der Produktentwicklung	Übung	Pf	2
3	14252	Computernumerik	Praktikum	Pf	3
3	14273	Einführung in die Kontinuumsmechanik	Vorlesung	Pf	2
3	14301	Digitale Signalverarbeitung	Vorlesung	Pf	3
3	14302	Digitale Signalverarbeitung	Übung	Pf	2
3	14481	Schiffsmodellversuchswesen	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	14521	Praktikum Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen	Praktikum	Pf	4
3	14661	Schadenskunde	Seminar	Pf	3
3	15091	Wirksystemtechnologien	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	15271	Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	15511	Digitale Forensik (VL)	Vorlesung	Pf	3
3	15512	Digitale Forensik (UE)	Übung	Pf	3
3	35031	Festigkeitsauslegung mit FEM	Vorlesung/Übung		3
3	36601	Moderne Funksysteme	Vorlesung/Übung	Pf	2
3	36921	Numerische Strömungsberechnung	Vorlesung	Pf	2
3	36922	Numerische Strömungsberechnung	Übung	Pf	2
3	36931	Robotik-Praxis	Vorlesung/ Sem.Unterricht/Übung	Pf	5
3	36961	Deep Learning	Seminaristischer Unterricht	Pf	5
3	37831	Rechnergestützte Ergonomiesimulation mit Ramsis	Vorlesung/Übung	Pf	3

3	38192	Reverse Engineering	Praktikum	Pf	4
3	39161	Kooperative Kommunikation	Vorlesung/Übung	Pf	2
3	39162	Adaptive und iterative Strategien	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	55091	Penetration Testing	Vorlesung/Übung	Pf	6
3	55141	Schutz von kritischen Infrastrukturen	Vorlesung/Übung	Pf	3
4	10481	Aerothermodynamik	Vorlesung/Übung	Pf	4
4	10541	Dynamik und Regelung von Satelliten	Vorlesung	Pf	2
4	10542	Dynamik und Regelung von Satelliten	Übung	Pf	2
4	10651	FVW-Strukturen	Vorlesung/Übung	Pf	5
4	10811	Raumfahrtantriebe	Vorlesung/Übung	Pf	4
4	11941	Nichtlineare Finite-Elemente-Methode Vorlesung	Vorlesung	Pf	2
4	11942	Rechnerpraktikum Nichtlineare FEM	Praktikum	Pf	1
4	14461	Identitätsmanagement	Vorlesung/Übung	Pf	3
4	38381	Statische Programmanalyse	Vorlesung/Übung	Pf	4

# Epilog

## Erläuterungen

### Abkürzungsverzeichnis – Lehrformen

<b>BA</b>	Bachelorarbeit
<b>EX</b>	Exkursion
<b>FS</b>	Fallstudie
<b>IP</b>	Industriepraktikum
<b>KO</b>	Kolloquium
<b>KS</b>	Kolloquium, Seminar
<b>MA</b>	Masterarbeit
<b>PA</b>	Praktikum/Auslandsstudium
<b>PK</b>	Praktikum
<b>PP</b>	Plenspiel
<b>PR</b>	Projekt
<b>PS</b>	Studienprojekt/Seminar
<b>SA</b>	Studienarbeit
<b>SB</b>	Seminar und Übung
<b>SC</b>	Summerschool
<b>SE</b>	Seminar
<b>SP</b>	Studienprojekt
<b>SR</b>	Studienprojekt/Vorlesung
<b>SS</b>	Praktikum, Summer School
<b>SU</b>	Seminaristischer Unterricht
<b>SV</b>	Vorlesung, Seminaristischer Unterricht, Seminar
<b>SX</b>	Seminar, Exkursion
<b>SY</b>	Seminar, Übung, Exkursion
<b>SZ</b>	Studienprojekt, Exkursion
<b>TR</b>	Training
<b>UE</b>	Übung
<b>US</b>	Seminar, Studienprojekt, Übung
<b>VE</b>	Vorlesung, Seminaristischer Unterricht, Seminar, Exkursion
<b>VL</b>	Vorlesung
<b>VO</b>	Vorlesung, Seminar, Übung
<b>VP</b>	Vorlesung und Praktikum
<b>VR</b>	Vorlesung, Seminar, Projekt
<b>VS</b>	Vorlesung und Seminar
<b>VU</b>	Veranstaltung, Praktikum, Übung
<b>VÜ</b>	Veranstaltung und Übung
<b>VX</b>	Vorlesung, Seminar, Übung, Exkursion

