

Modulhandbuch des Studiengangs

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

**an der
Universität der Bundeswehr München**

(Version 2022)

Stand: 29. August 2022

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2022

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

Rechnergestützte Produktentstehung - CAE 2022

Rechnergestützte Produktentstehung: PFL-Module - CAE 2021

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

Rechnergestützte Produktentstehung: Aufbau-Module - CAE 2021

| | | |
|------|---|----|
| 1423 | Methoden in der Produktentwicklung..... | 14 |
| 1424 | Produkt- und Innovationsmanagement..... | 17 |

Computational Engineering - CAE 2022

Computational Engineering: PFL-Module - CAE 2021

| | | |
|------|-------------------------------------|----|
| 1426 | Strukturberechnung I..... | 20 |
| 3692 | Numerische Strömungsberechnung..... | 23 |

Computational Engineering: Aufbau-Module - CAE 2021

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

Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2022

Simulations- und Versuchstechnik: PFL-Module - CAE 2021

| | | |
|------|--------------------------|----|
| 1429 | Experimentaltechnik..... | 30 |
| 1432 | Prozesssimulation..... | 32 |

Simulations- und Versuchstechnik: Aufbau-Module - CAE 2021

| | | |
|------|----------------------------------|----|
| 1430 | Digitale Signalverarbeitung..... | 35 |
| 1431 | Fahrzeugdynamik..... | 38 |

Electronic Design Automation - CAE 2022

Electronic Design Automation: PFL-Module - CAE 2021

| | | |
|------|--------------------------------------|----|
| 3658 | Electronic Design Automation I..... | 41 |
| 3659 | Electronic Design Automation II..... | 44 |

Electronic Design Automation: Aufbau-Module - CAE 20121

| | | |
|------|----------------------------------|----|
| 2801 | Digitaler Schaltungsentwurf..... | 46 |
| (FH) | | |
| 6059 | Integrierte Schaltungen..... | 48 |

Wireless Communications - CAE 2022

Wireless Communications: PFL-Module CAE 2021

| | | |
|------|----------------------------------|----|
| 1438 | Kanal- und Quellencodierung..... | 50 |
|------|----------------------------------|----|

| | | |
|--|---|-----|
| 3660 | Funkübertragungssysteme..... | 52 |
| Wireless Communications: Aufbau-Module - CAE 2021 | | |
| 1436 | Transmission Techniques for Wireless Channels..... | 54 |
| 1437 | Robuste Übertragungsverfahren..... | 56 |
| 3697 | Adaptive Übertragung und Signalverarbeitung..... | 59 |
| Autonome Intelligente Systeme - CAE 2022 | | |
| Autonome Intelligente Systeme: PFL-Module - CAE 2021 | | |
| 3661 | Kognitive Systeme..... | 63 |
| 3662 | Robotersysteme..... | 65 |
| Autonome Intelligente Systeme: Aufbau-Module - CAE 2021 | | |
| 3693 | Robotik-Praxis..... | 67 |
| 3694 | Algorithmische Geometrie..... | 69 |
| 3696 | Deep Learning..... | 71 |
| Wahlpflichtmodule - CAE 2022 | | |
| 1048 | Aerothermodynamik..... | 73 |
| 1053 | Computational Fluid Dynamics..... | 75 |
| 1054 | Dynamik und Regelung von Satelliten..... | 77 |
| 1065 | FVW- Strukturen..... | 79 |
| 1066 | Gasdynamik..... | 81 |
| 1068 | Leichtbaustrukturen..... | 83 |
| 1072 | Messmethoden in der Strömungsmechanik..... | 85 |
| 1075 | Moderne Methoden der Regelungstechnik..... | 87 |
| 1076 | Moderne Strukturwerkstoffe..... | 89 |
| 1077 | Nichtgleichgewichts -Thermodynamik..... | 91 |
| 1078 | Numerische Mathematik..... | 93 |
| 1080 | Prozessrechentechnik..... | 95 |
| 1081 | Raumfahrtantriebe..... | 97 |
| 1082 | Regelungstechnik..... | 99 |
| 1086 | Satellitensysteme..... | 101 |
| 1087 | Sensortechnik..... | 103 |
| 1088 | Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen..... | 105 |
| 1089 | Strukturdynamik..... | 107 |
| 1090 | Wärme- und Stofftransport..... | 109 |
| 1091 | Weltraumphysik..... | 111 |
| 1109 | Algorithmen und Datenstrukturen in C++..... | 113 |
| 1154 | Einführung in die Klebtechnik..... | 114 |
| 1160 | Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik..... | 116 |
| 1170 | Projektmanagement CAE..... | 118 |
| 1171 | Prozessmanagement und Engineering Standards..... | 120 |
| 1191 | Maschinendynamik..... | 122 |

| | | |
|------|---|-----|
| 1290 | Antennentechnik und EMV in der Kommunikationstechnik..... | 124 |
| 1389 | Rechnergestützte Layoutverfahren..... | 127 |
| 1410 | Verteilte Internetanwendungen..... | 129 |
| 1411 | Simulation technischer Prozesse..... | 131 |
| 1423 | Methoden in der Produktentwicklung..... | 133 |
| 1430 | Digitale Signalverarbeitung..... | 136 |
| 1444 | Studienarbeit..... | 139 |
| 1445 | Graphische Benutzeroberflächen..... | 141 |
| 1447 | Ballistik..... | 142 |
| 1448 | Schiffsmodellversuchswesen..... | 144 |
| 1449 | Schwingbruchgefährdete Bauteile sicher dimensionieren und betreiben..... | 147 |
| 1452 | Praktikum Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen..... | 149 |
| 1458 | Rechnernetze..... | 150 |
| 1459 | Netz- und Systemmanagement..... | 152 |
| 1460 | Mobile Kommunikationssysteme..... | 154 |
| 1466 | Schadenskunde..... | 156 |
| 1494 | Prozesssimulation..... | 158 |
| 1495 | Praxis der Kraftfahrzeugaerodynamik..... | 160 |
| 1509 | Wirksystemtechnologien..... | 162 |
| 1527 | Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden..... | 164 |
| 1529 | Simulation..... | 166 |
| 1638 | Digitale Forensik..... | 168 |
| 1639 | Datenschutz..... | 170 |
| 1640 | Identitätsmanagement..... | 172 |
| 1641 | Schutz von kritischen Infrastrukturen..... | 174 |
| 1779 | Elektronische Displays..... | 175 |
| 2800 | Erweiterte Konzepte des Deep Learning..... | 177 |
| 2802 | Entwicklung eines verbrennungsmotorbasierten Antriebskonzeptes für Personenkraftfahrzeuge..... | 179 |
| 3503 | Festigkeitsauslegung mit FEM..... | 181 |
| 3685 | Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich..... | 183 |
| 3783 | Rechnergestützte Ergonomiesimulation mit Ramsis..... | 185 |
| 3819 | Reverse Engineering..... | 187 |
| 3838 | Statische Programmanalyse..... | 189 |
| 3849 | Dynamische Programmanalyse..... | 191 |
| 3932 | Technisches Fachenglisch 2 für CAE..... | 193 |
| 5523 | Offensive Sicherheitsüberprüfungen..... | 195 |

Masterarbeit - CAE 2022

| | | |
|------|-------------------|-----|
| 1443 | Masterarbeit..... | 197 |
|------|-------------------|-----|

Verpflichtendes Begleitstudium plus

| | |
|---|------------|
| 1008 Seminar studium plus, Training..... | 199 |
| Übersicht des Studiengangs: Konten und Module..... | 202 |
| Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen..... | 205 |
| Epilog..... | 209 |

| Modulname | Modulnummer |
|-------------------|-------------|
| Höhere Mathematik | 1420 |

| | |
|-------|-------------------------------------|
| Konto | Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|-------------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 10 |

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 |
|---|-------------|
| Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung | 1421 |

| | |
|-------|-------------------------------------|
| Konto | Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|-------------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse in der Messtechnik
 - Basis-Kompetenzen in der höheren Mathematik
 - Grundkenntnisse im Programmieren (unabhängig von der konkreten Programmiersprache)
- 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

- Messdaten erfassen, übertragen und verarbeiten
- Messwertdigitalisierung
- Analog-Digital-Umsetzer (ADU)
- ADU-Kennlinien-Fehler
- dynamische ADU-Fehler, S/H-Glied
- Abtastung, Abtast-Theorem
- Messkomponenten für den PC

- Laborbusse
- Feldbusse
- Ethernet
- Messtechnische Software-Tools am Beispiel LabVIEW
- Statistische Messdatenauswertung
- Interpolationen und Regressionen
- Numerisches Integrieren und Differenzieren, digitale Filter
- Korrelationsfunktionen
- Spektralanalyse
- Fuzzy-basierte Messdatenauswertung
- Bildverarbeitende Auswerteverfahren

In der Vorlesung stehen die theoretischen Betrachtungen zu obigen Themen im Mittelpunkt. Im Praktikum werden diese anhand einer mit LabVIEW zu lösenden Aufgabenstellung an einem PC-basierten Messaufbau praxisnah erprobt.

Leistungsnachweis

sP-90

Verwendbarkeit

Die meisten Module der ingenieurwissenschaftlichen Vertiefungen im 2. und 3. Trimester 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 |
|-------------------|-------------|
| CAx- Technologien | 1422 |

| | |
|-------|---|
| Konto | Rechnergestützte Produktentstehung: PFL-Module - CAE 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 9 |

| 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"> 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. 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. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die einzelnen rechnergestützten Hilfsmittel der technischen Auftragsabwicklung, insbesondere in der Produktionsplanung, erfolgreich anzuwenden und weiterzuentwickeln. 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. |

| 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 Produkt- und Innovationsmanagement.

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 |
|---|-------------|
| Methoden in der Produktentwicklung | 1423 |

| | |
|-------|--|
| Konto | Rechnergestützte Produktentstehung: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|--|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr. | Art | Veranstaltungsname | Teilnahme | TWS |
|--|-----|------------------------------------|-----------|----------|
| 10741 | VL | Methoden in der Produktentwicklung | Pflicht | 4 |
| 10742 | UE | Methoden in der Produktentwicklung | Pflicht | 2 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

| Qualifikationsziele |
|--|
| <p>Fachkompetenz:</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>Methodenkompetenz:</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>Sozialkompetenz:</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

| |
|---|
| |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> • Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Gote H.: Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. 8. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2013. • Ehrenspiel K.: Integrierte Produktentwicklung Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 5. Auflage. Hanser Fachbuchverlag, 2013. • Lehner F.: Wissensmanagement. Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. 5. Auflage. Hanser Fachbuchverlag, 2014. • Eigner M., Stelzer R.: Produktdatenmanagement-Systeme: Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management. 2. Auflage. Berlin: Springer Verlag, 2009. |
| Leistungsnachweis |
| <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> |
| Verwendbarkeit |
| <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> |
| Dauer und Häufigkeit |
| <p>Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|---|-------------|
| Produkt- und Innovationsmanagement | 1424 |

| | |
|-------|--|
| Konto | Rechnergestützte Produktentstehung: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|--|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr. | Art | Veranstaltungsname | Teilnahme | TWS |
|--|-----|------------------------------------|-----------|----------|
| 14241 | VL | Produkt- und Innovationsmanagement | Pflicht | 4 |
| 14242 | UE | Produkt- und Innovationsmanagement | Pflicht | 2 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

| Qualifikationsziele |
|--|
| <p>Fachkompetenz:</p> <p>Viele Studierende des Studiengangs werden im Verlauf ihrer Karriere Projektleiter oder Manager in der Produktentwicklung oder der Forschung. Dieses Modul gibt ein Verständnis für die spezifischen Herausforderungen und Aufgaben im Entwicklungsmanagement, die sie dazu befähigen, Projekte und Organisationsbereiche erfolgreich zu leiten.</p> <p>Methodenkompetenz:</p> <p>Dabei ist es zentraler Inhalt des Moduls methodisch-fundierte Lösungsansätze zum Produkt- und Innovationsmanagement auf reale Sachverhalte anzuwenden. Dazu werden die Kursteilnehmenden mit Methoden vertraut gemacht, die es ermöglichen neuartige Situationen zu evaluieren und Entscheidungen entsprechend der übergeordneten Organisationsziele herbeizuführen.</p> <p>Sozialkompetenz:</p> <p>Durch die intensive Auseinandersetzung mit Fallstudien in Kleingruppen und der Ergebnispräsentation im Plenum arbeiten die Studierenden maßgeblich an ihrer Team- und Präsentationsfähigkeit.</p> |

| |
|--|
| Selbstkompetenz: Hierüber werden die Kursteilnehmenden in die Lage versetzt komplexe Problemstellungen, die über die Modulinhalte hinausgehen (z.B. im Rahmen einer Studienarbeit), zu erfassen und methodisch-strukturiert einer Lösung zuzuführen. |
| Inhalt |
| Vorlesungsinhalte: Einleitung und Einordnung <ul style="list-style-type: none">• Einordnung des Entwicklungsmanagements in Unternehmensaktivitäten• Analyse der Randbedingungen aus Markt und Gesellschaft Entwicklungsmanagement auf strategischer Ebene <ul style="list-style-type: none">• Inhalte, Herausforderung und Methoden zum Technologiemanagement, Innovationsmanagement und Variantenmanagement zur strategischen und operativen Gestaltung des Produktportfolios• Typische Probleme und methodische Unterstützung zur Entscheidungsfindung Systems Engineering <ul style="list-style-type: none">• Notwendigkeit und Aufgaben des Anforderungsmanagements, Risikomanagements und Konfigurationsmanagements• Überlegungen zur Gestaltung von Entwicklungsprozessen sowie der assoziierten Daten und Informationsflüssen• Betrachtung von kritischen Situationen in der Produktentwicklung sowie Maßnahmen, um in diesen adäquat zu handeln Übungsinhalte: Diskussion der in der Vorlesung erarbeiteten Inhalte anhand von Fallbeispielen |
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Prüfung mit 90 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung mit 30 Minuten Dauer am Ende des Wintertrimesters. Für die Prüfung darf eine zweiseitig handbeschriebene DIN A4-Seite zur Unterstützung verwendet werden. |

Die zweite Wiederholungsprüfung kann seitens des Dozenten als mündliche Prüfung abgehalten werden.

Verwendbarkeit

Das Modul *Produkt- und Innovationsmanagement* ergänzt die Lehrveranstaltung Methoden in der Produktentwicklung um die organisatorische Sicht auf Produktentwicklungsprozesse und deren Einordnung in den Unternehmenskontext.

Dauer und Häufigkeit

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

| Modulname | Modulnummer |
|-----------------------------|-------------|
| Strukturberechnung I | 1426 |

| | |
|-------|--|
| Konto | Computational Engineering: PFL-Module - CAE 2021 |
|-------|--|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

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 strukturmehranische - 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

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

| Modulname | Modulnummer |
|---------------------------------------|-------------|
| Numerische Strömungsberechnung | 3692 |

| | |
|-------|--|
| Konto | Computational Engineering: PFL-Module - CAE 2021 |
|-------|--|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

Empfohlene Voraussetzungen

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

Qualifikationsziele

Instrumentelle Kompetenz:

- Das Verständnis der Grundlagen der numerischen Strömungsberechnung und ihrer Begriffe

Systematische Kompetenz:

- Die Bedienung von kommerziellen Strömungsberechnungsprogrammen inkl. Geometrie- und Rechenetzgerzeugung, Pre- und Postprocessing
- Die Bewertung ihrer Einsatzbereiche anhand von Validierungsrechnungen durch den Vergleich mit Ergebnissen aus der Theorie, anderen Rechnungen und Messungen
- Die Darstellung und Bewertung der Rechenergebnisse.

Kommunikative Kompetenz:

- Fähigkeit, mit Kollegen über die Vorgehensweise bei der numerischen Strömungsberechnung und die Bewertung der Ergebnisse zu diskutieren.

Inhalt

Das Modul behandelt die theoretischen Grundlagen und die praktische Vorgehensweise bei der Strömungsberechnung mit kommerziellen CFD-Programmen auf dem Computer (CFD= Computational Fluid Dynamics). Gezeigt werden die Gemeinsamkeiten und die

Unterschiede der unterschiedlichen Verfahren, ihre Vor- und Nachteile und die vom Nutzer zu beachtenden Punkte.

Die Vorlesung gliedert sich wie folgt:

- Die Erhaltungsgleichungen der Strömungsmechanik in Form der Navier-Stokes-Gleichungen und ihrer Vereinfachungsmöglichkeiten
- Die Diskretisierungsmethoden für die räumlichen und zeitlichen Ableitungen
- Die Rechennetzarten von kartesischen über schiefwinklige bis zu blockstrukturierten, adaptiven und unstrukturierten Netzen
- Die modernen Lösungsverfahren in Form der zentralen Verfahren, Upwind-Verfahren, und High Resolution- bzw. TVD-Verfahren (TVD=Total Variation Diminishing)

Begleitend werden praktische Übungen am Rechner mit dem kommerziellen Strömungsberechnungsprogramm ANSYS-CFX durchgeführt:

- Die Geometrieerstellung und Rechennetzerzeugung
- Die Vorbereitung der Rechnung (Preprocessing)
- Die Strömungsberechnung
- Die Auswertung (Postprocessing)

Literatur

Anderson J.D.: Computational Fluid Dynamics, McGraw-Hill

Hirsch C.: Numerical Computation of internal and external Flows, John Wiley & Sons

Lecheler S.: Numerische Strömungsberechnung, Vieweg & Teubner-Verlag

Oertel H., Laurien E.: Numerische Strömungsmechanik, Vieweg & Teubner-Verlag

Leistungsnachweis

sP-90

Verwendbarkeit

Für praktische Strömungs- und Wärmeübertragungsberechnungen im Rahmen von Projekten und Masterarbeiten.

Dauer und Häufigkeit

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

| Modulname | Modulnummer |
|------------------------------------|-------------|
| Materialmodelle und Numerik | 1425 |

| | |
|-------|---|
| Konto | Computational Engineering: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

| 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>Experimentelle Mechanik und Materialmodellierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung und Einteilung der Materialklassen |

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung, Durchführung und Auswertung von Experimenten (Zugversuch, Scherversuch, Kompressionsversuch, Thermisch-mechanische Analyse) • Grundlagen der Materialmodellierung (Elastizität, Viskoelastizität, Plastizität und Schädigung) • Numerische Umsetzung der Materialgleichungen • Identifikation von eingeführten Modellparametern • Simulation und Verifikation von Modellen anhand von Experimenten <p>Computernumerik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modellbildung und numerische Lösungen • Fehlerbegriff und Genauigkeit • Validierung numerischer Lösungen und Softwarefehler • Hardwarevoraussetzungen und -optimierungen (Prozessorarchitekturen, Speichersysteme, Leistungsbewertungen) • Datentypen, Datenstrukturen und grundlegende Algorithmen • Softwareoptimierungen durch Compiler und effiziente Algorithmen • Parallelisierbarkeit von Algorithmen • Abbruchkriterien, Genauigkeits- und Fehlerabschätzungen • Umsetzung von Verfahren in der Programmiersprache Python (lineare Gleichungssysteme, schwach besetzte Systeme) |
| 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 |
|------------------------------|-------------|
| Strukturberechnung II | 1427 |

| | |
|-------|---|
| Konto | Computational Engineering: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| 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 |
| Leistungsnachweis |
| mP-30 |
| Verwendbarkeit |
| Masterarbeit auf dem Gebiet der numerischen Strukturberechnung und der Materialmodellierung. |
| Dauer und Häufigkeit |
| 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 2021 |
|-------|---|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|--------------------------------|----------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Stefan Lecheler | 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 7 |

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

Instrumentelle Kompetenz:

- Verständnis der Funktionsweise von Prüfständen und ihrer Messtechnik

Systematische Kompetenz:

- Fähigkeit zur Planung, zum Aufbau und zum Betrieb von Prüfständen und ihrer Messeinrichtungen
- Fähigkeit zur Auswertung von Messergebnissen und zum Vergleich mit Ergebnissen aus der Theorie, aus numerischen Rechnungen und aus anderen Messungen
- Fähigkeit zur Darstellung und Bewertung der Messergebnisse im Hinblick auf die Optimierung der Komponenten oder Anlagen.

| |
|--|
| <p>Kommunikative Kompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit zur Diskussion der experimentaltechnischen Inhalte mit Kollegen. |
| <p>Inhalt</p> <p>Die Studierenden lernen, wie wissenschaftliche Versuche geplant, aufgebaut, durchgeführt und ausgewertet werden. Im Einzelnen werden folgende Inhalte behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Prüfstandstechnik (Prüfstandsarten, Testphilosophien, Modell- und Ähnlichkeitsgesetze) • Planungsmethoden (Prüfstandsplanung, Auswahl der Messverfahren, Planung der Versuchsabläufe, Einführung in die statistischen Methoden, Arbeitssicherheit und Prüfstandsüberwachung) • Auswertemethoden (Analyse-, Bewertungs- und Vergleichsmethoden, Fehlerbetrachtung, Dokumentation) • Selbstständige Durchführung eines umfangreicheren Prüfstandversuchs im Team. |
| <p>Leistungsnachweis</p> |
| <p>Projektarbeit</p> |
| <p>Verwendbarkeit</p> |
| <p>Für die Durchführung von wissenschaftlichen Versuchen im Rahmen von experimentellen Masterarbeiten.</p> |
| <p>Dauer und Häufigkeit</p> |
| <p>Das Modul dauert zwei Trimester und beginnt im Herbsttrimester.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|-------------------|-------------|
| Prozesssimulation | 1432 |

| | |
|-------|---|
| Konto | Simulations- und Versuchstechnik: PFL-Module - CAE 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse der Höheren Mathematik • Kenntnisse der Technischen Mechanik <p>Hinweis:</p> <p>Kenntnisse der Kraftfahrzeugtechnik werden nicht vorausgesetzt.</p> |

| Qualifikationsziele |
|---|
| <p>1. Simulation technischer Prozesse</p> <p>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.</p> <p>2. Prozesssimulation</p> <p>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.</p> |

| Inhalt |
|--|
| <p>Hinweis: Von den Vorlesungen "1. Simulation technischer Prozesse" und "2. Prozesssimulation" muss jeweils nur eine belegt werden; sie stellen Alternativen dar.</p> <p>1. Simulation technischer Prozesse (Herbst- und Wintertrimester)</p> <p>Prozessmodellierung, numerische Methoden, Software-Werkzeuge:</p> <p>Einführung</p> <p>Physikalische Modellbildung dynamischer Prozesse</p> <p>Darstellungsformen und Klassifikation dynamischer Systeme</p> <p>Einführung in komponentenbasierte Simulation mit Anwendungen (z.B. Modelica)</p> <p>Optimierungsanwendungen und Parameteridentifikation</p> <p>Numerische Integrationsverfahren</p> <p>2. Prozesssimulation (Herbst- und Wintertrimester)</p> <p>Prozessmodellierung, numerische Methoden, Software-Werkzeuge:</p> <p>Einführung</p> <p>Modellbildung dynamischer Systeme in der MKS (Mehrkörpersimulation)</p> <p>Integration der MKS in den Entwicklungsprozess</p> <p>Einführung in komponentenbasierte Simulation mit Anwendungen (z.B. RecurDyn)</p> <p>Numerische Integrationsverfahren & Solvertechnologien</p> <p>Praktische Beispiele aus der Entwicklung</p> |
| Leistungsnachweis |
| <p>"Prozesssimulation" oder alternativ "Simulation technischer Prozesse": sP-90 (5 ECTS-LP)</p> |
| Verwendbarkeit |
| <p>Das Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Simulations- und Versuchstechnik.</p> |

- 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.

Die Vorlesungen "Simulation technischer Prozesse" und "Prozesssimulation" finden parallel statt. Es ist jeweils zwischen einer der beiden Vorlesungen zu wählen.

| Modulname | Modulnummer |
|------------------------------------|-------------|
| Digitale Signalverarbeitung | 1430 |

| | |
|-------|--|
| Konto | Simulations- und Versuchstechnik: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|--|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| Grundkenntnisse in Mathematik und Statistik |

| Qualifikationsziele |
|---|
| <p>Fachkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> Breites und detailliertes Verständnis der mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften Vertieftes Wissen in der Analyse des Ein-/Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich <p>Methodenkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sicherer Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich sowie zum Entwurf digitaler Filter, verbunden mit der Befähigung, diese Werkzeuge situationsbezogen auf neue Problemstellungen zu übertragen Fähigkeit zur Auswahl, Parametrierung und kritischen Bewertung von zeitdiskreten Signalverarbeitungskomponenten hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit <p>Sozial-/Selbstkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vermögen methodisch bedingte Artefakte in der praktischen Anwendung zu erkennen und diese kritisch im Hinblick auf mögliche Fehlinterpretationen zu reflektieren und zu diskutieren |

| Inhalt |
|--|
| <p>Die digitale Signalverarbeitung ist eine Schlüsselwissenschaft für alle Anwendungsgebiete der Informationstechnik. Nicht zuletzt bedingt durch die rasant wachsende Verbreitung eingebetteter Computersysteme, hat sich die digitale Darstellung und Verarbeitung von Signalen neben der Kommunikationstechnik auch in der Automatisierungstechnik, der Luft- und Raumfahrttechnik, der Mess- und Sicherheitstechnik, der Medizintechnik und der Mechatronik etabliert.</p> <p>In der Lehrveranstaltung "Digitale Signalverarbeitung" werden folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none">• Grundlagen der digitalen Signaldarstellung im Zeit- und Spektralbereich (Abtasttheorem)• z-Transformation, Diskrete Fouriertransformation (DFT), Fast Fourier Transformation (FFT)• Parameterdiskrete Systeme (LVI-Systeme)• Schnelle Algorithmen der digitalen Signalverarbeitung• Entwurf zeitdiskreter Signalverarbeitungssysteme (Filterentwurf)• Deterministische und stochastische Signale• Adaptive Filter |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none">• Skriptum zur Vorlesung Digitale Signalverarbeitung. UniBw München• K.-D. Kammeyer, K. Kroschel: Digitale Signalverarbeitung. Vieweg Teubner• V. Oppenheim, R. W. Schaffer: Digital signal processing. Prentice Hall |
| Leistungsnachweis |
| <p>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.</p> <p>Die zweite Wiederholungsprüfung wird grundsätzlich als mündliche Prüfung abgehalten.</p> |

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 |
|------------------------|-------------|
| Fahrzeugdynamik | 1431 |

| | |
|-------|--|
| Konto | Simulations- und Versuchstechnik: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|--|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

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

Fahrzeugdynamik

- Vertikaldynamik von Kraftfahrzeugen, Viertelfahrzeugmodell, Übertragungsfunktionen, Skyhook Verfahren
- Physikalische, empirische und phänomenologische Modelle für Luftfedern, Elastomerlager sowie Hydrolager und Stoßdämpfer

- Querdynamik von Kraftfahrzeugen, Einspurmodell, geregelte Vorderradzusatzlenkung, Lenkwinkelsprung, stationäre Kreisfahrt, Über- und Untersteuern, Fahrstabilität, Einfluss von Reifennichtlinearitäten, vereinfachte Modellierung der Querdynamik von Anhängern
- Kursregelung von Fahrzeugmodellen, Beschreibung von Bahnkurven in der Ebene, Prinzip der Vorausschau
- Vereinfachte Reifenmodellierung für Vertikal-, Quer- und Längsdynamik
- Längsdynamik von Fahrzeugen, theoretische Grundlagen zu Antriebs- und Bremsmomentverteilungen

Praktikum Fahrzeugdynamik 2 TWS

Längsdynamik von Kraftfahrzeugen, Einfluss von Antriebskonzept, Schwerpunktskoordinaten und Fahrbahnreibung

Querdynamik von Kraftfahrzeugen, stationäre Kreisfahrt, Über- und Untersteuern, Fahrstabilität, Einspurmodell, Modellierung mit Einspurmodell

Vertikaldynamik von Kraftfahrzeugen, Übertragungsfunktion, Eigenfrequenzen, Viertelfahrzeugmodell

Die Versuche erfolgen mit einem Modellfahrzeug, an dem Umbauten vorgenommen werden können.

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 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 7 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über elektronische Bauelemente • Kenntnisse über Datenstrukturen und Algorithmen |
| Qualifikationsziele |
| <p>1. Einführung in die Electronic Design Automation (EDA):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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). <p>2. Technologie integrierter Schaltungen:</p> |

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">• Vermittlung von Kenntnissen über Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen.• Geschichte der Mikroelektronik; Grundmaterialien der Mikroelektronik; Schicht-, Dotier- und Ätztechnik; Analytische Verfahren, Lithografie; Reinräume• Prozessintegration und Gesamtprozesse (CMOS, BiCMOS, DRAM; NVRAM)• Zukunftsperspektiven |
| Leistungsnachweis |
| sP-120 oder mP-30. Die Art der Prüfung wird am Anfang des Moduls festgelegt und bekanntgegeben. |
| Verwendbarkeit |
| Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Electronic Design Automation. Die Module der ingenieurwissenschaftlichen Vertiefung EDA erfordern Grundlagenkenntnisse aus diesem Modul. |
| 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 II | 3659 |

| | |
|-------|---|
| Konto | Electronic Design Automation: PFL-Module - CAE 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| 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"> • Einführung in ein SoC-Entwicklungssystem. • Nutzung von Prozessoren in einem SoC-Projekt. • Integration und Ansprechen von Peripheriebausteinen. • Entwurf eigener Hardware mit HDL. • Hardware/Software Codesign (Hardware in HDL und Software in C). • Erstellen und Test von Applikationen. |

| |
|---|
| Leistungsnachweis |
| Portfolio, wobei die Note des Fachs durch bewertete Meilensteine und durch mündliche und/oder schriftliche Befragungen gebildet wird. |
| Verwendbarkeit |
| <ul style="list-style-type: none">• Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Electronic Design Automation.• Systementwurf anwendungsorientierter integrierter Schaltungen |
| 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 |
|------------------------------------|-------------|
| Digitaler Schaltungsentwurf | 2801 (FH) |

| | |
|-------|--|
| Konto | Electronic Design Automation: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|--|

| 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 |
|--|-----|-----------------------------|-----------|----------|
| 28011 | VÜ | Digitaler Schaltungsentwurf | Pflicht | 5 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

Qualifikationsziele

Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul können die Studierenden:

- Arithmetische Grundrechenarten in Form einer digitalen Schaltung umsetzen
- Digitale Schaltungen durch die Anwendung von Architekturkonzepten selbstständig in Bezug auf definierte Flächen-, Durchsatz- und Verlustleistungsziele optimieren
- Einfache Schaltungen mittels digitaler Schaltungssynthese oder High-Level-Synthese auf einem FPGA und in Form einer applikationsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) realisieren

Inhalt

Integrierte digitale Schaltungen bilden das Fundament unserer heutigen digitalisierten Welt und werden im Zuge des sogenannten Internet der Dinge unser Leben tiefgreifend verändern. Studierende erlernen durch die Teilnahme an diesem Modul die wesentlichen Grundlagen des Entwurfs dieser integrierten digitalen Schaltungen. In einem ersten Vorlesungsteil wird zunächst die schaltungstechnische Fest- und Fließ-Komma-Umsetzung arithmetischer Grundrechenarten (Addition, Multiplikation, Division) und trigonometrischer Funktionen behandelt. Anschließend werden Optimierungskonzepte auf Architekturebene vorgestellt und am Beispiel der schaltungstechnischen Realisierung der Addition, Multiplikation und der Fast-Fourier Transformation vertieft. Ein abschließender Teil der Vorlesung behandelt die Modellierung digitaler Schaltungen und die darauf aufbauende Schaltungssynthese. Neben der Modellierung in einer Hardware-Beschreibungs-Sprache liegt ein Fokus auf der sogenannten High-Level-Synthese, bei der digitale Schaltungen in einer Hochprogrammiersprache wie z.B. C oder Cpp modelliert werden.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 Min. oder mündliche Prüfung 25 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekannt gegeben)

Dauer und Häufigkeit

Das Modul umfasst 1 Trimester. Dieses Modul wird im WT angeboten.

| Modulname | Modulnummer |
|--------------------------------|-------------|
| Integrierte Schaltungen | 6059 |

| | |
|-------|--|
| Konto | Electronic Design Automation: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|--|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| 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 https://www.unibw.de/ims/vorlesungen). |
| 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"> Behzad Razavi, Microelectronics, 2nd Edition International Student Version, ISBN: 978-1-118-16506-5 Skript zur Vorlesung „Integrierte Schaltungen“, Institut für Mikroelektronik und Schaltungstechnik, www.unibw.de/ims/vorlesungen P.R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley & Sons, 4. Aufl., 2001 |

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Kurt Hoffmann, „Systemintegration vom Transistor zur großintegrierten Schaltung“, ISBN 3-486-57894-4, Oldenbourg-Verlag München, München/Wien 2006 (2. Auflage) |
| Leistungsnachweis |
| 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. |
| Verwendbarkeit |
| <ul style="list-style-type: none">• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro & Nano Electronics“• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“• Wahlpflichtmodul EIT |
| Dauer und Häufigkeit |
| 1 Trimester, in jedem WT |

| Modulname | Modulnummer |
|-----------------------------|-------------|
| Kanal- und Quellencodierung | 1438 |

| | |
|-------|--|
| Konto | Wireless Communications: PFL-Module CAE 2021 |
|-------|--|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|---------------------------------|----------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Klaus-Peter Graf | 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

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:

- Chancen und Grenzen der Codierung: Kanalkapazität, Codierungstheorem, Codierungsgewinn, Fehlerwahrscheinlichkeiten

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• 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 2021 |
|-------|--|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

Empfohlene Voraussetzungen

- Theoretische Elektrotechnik 1 und 2 oder äquivalent
- Hochfrequenztechnik 1 und 2 oder äquivalent
- Digitale Kommunikationstechnik oder äquivalent
- Funkkommunikation oder äquivalent

Qualifikationsziele

Fachkompetenz:

- Breites Wissen zum Aufbau und der Systemarchitektur von Funkübertragungssystemen und deren Hochfrequenzschaltungen und Antennen sowie Anwendungen in Kommunikationstechnik, Radartechnik und Funkortung

- Breites und detailliertes Verständnis der physikalischen Übertragungsebene, Mehrwegeausbreitung, Signal-zu-Rausch-Verhältnis und anderer charakteristischer Parameter

- Breites Wissen zum Aufbau von modernen Funksystemen, dem Einfluss von Zielanwendungen auf die verwendeten Verfahren

- Breites und detailliertes Verständnis der verwendeten Verfahren auf der physikalischen Schicht und für den Mehrfachzugriff

Methodenkompetenz:

- Fähigkeit zur Auslegung von Funkübertragungssystemen und deren Komponenten für unterschiedliche Anforderungsprofile

- 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 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

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"> • Moderne und an die Kanalbedingungen angepasste Übertragungsverfahren (Mehrträger-Übertragung, OFDM) • Realisierungsbeispiele aktueller Kommunikationssysteme (z.B. WLAN Standards) <p>Das erworbene Wissen wird Praktikumsversuchen vertieft und angewendet. Das Modul steigert die Methodenkompetenz eine kanalangepasste Funkübertragung zu entwerfen.</p> |
| Leistungsnachweis |
| sP-90 |
| Verwendbarkeit |
| 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. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert ein Trimester und wird im Herbsttrimester des 2. Studienjahres angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten. |

| Modulname | Modulnummer |
|--------------------------------------|-------------|
| Robuste Übertragungsverfahren | 1437 |

| | |
|-------|---|
| Konto | Wireless Communications: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|---|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|---|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp 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 |
|--|-----|-----------------------------------|-----------|----------|
| 12532 | VÜ | Übertragungssicherheit | Pflicht | 3 |
| 14371 | VL | Übertragung statistischer Signale | Pflicht | 2 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Höhere Mathematik • Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie • Kenntnisse über Kommunikationssystemgrundlagen (wünschenswert) • Hochfrequenztechnik und Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik • EMV in der Kommunikationstechnik |
| Qualifikationsziele |
| <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über stochastische Prozesse und deren Beschreibung in Kommunikationssystemen • Erlernen von Fähigkeiten zur Bewertung der Übertragungseigenschaften von Kommunikationssystemen • Kenntnisse über Verfahren und Methoden auf System- und Komponentenebene um die Übertragungssicherheit von Kommunikationssystemen zu bewerten • Erwerb von Fähigkeiten, um Systeme mit erhöhter Übertragungssicherheit zu entwerfen. • Erwerb eines Einblicks in die Problemstellungen der Sicherheit moderner Informations-Übertragungssysteme mit dem besonderen Hinblick auf drahtlose Systeme, welche in den letzten Jahren eine stetig zunehmende Bedeutung erlangt haben. Hierbei werden zuerst Einschränkungen der Informationsübertragungen durch Störungen sowie der Abhörsicherheit durch elektromagnetische Kopplungseffekte und Übersprechen betrachtet, woraufhin die technischen Lösungen zur Reduzierung dieser Einschränkungen dargestellt werden. Den Studierenden wird die Fähigkeit vermittelt, die |

Übertragungssicherheit gegebener Systeme einschätzen zu können und als Ingenieure die Strategien zur Verbesserung der Übertragungssicherheit zu beherrschen.

Inhalt

Übertragung statistischer Signale

Grundlagen stochastischer Signal- und Systemtheorie als Voraussetzung für die Beschreibung von Methoden und Verfahren zur Erhöhung der Übertragungssicherheit (Knopp)

- Zufallsprozesse in der Nachrichtentechnik und deren Beschreibung
- Übertragung zufälliger Signale über LZI-Systeme, Autokorrelations- und Kreuzkorrelationsfunktionen, Korrelationsfilter und Anwendungen
- Funkbasierte Übertragung zufälliger Signale, Leistungsbetrachtungen, Linkbudgets, Rauschen in Funksystemen

Übertragungssicherheit

Verbesserung der Übertragungssicherheit auf physikalischer Ebene (Lindenmeier)

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

Systemaspekte zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (Lankl)

- Sichere Übertragungskanäle und störresistente Übertragungsverfahren (Spread Spectrum)
- Zugriffsverfahren (Raum, Zeit, Frequenz)
- Adaptive Entzerrung und Störungskompensation
- Eigenheiten von Modulationsverfahren
- Mehrfachempfang nach dem Multiple Input- Multiple Output (MIMO)-Verfahren

| |
|---|
| Leistungsnachweis |
| sP-90 oder mP-30 Die Art der Prüfung wird am Anfang des Moduls festgelegt und bekannt gegeben. |
| Verwendbarkeit |
| 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 in sicherheitskritischen Anwendungen, insbesondere unter Einflüssen bewusster und unbewusster Störungen, verwendet werden. |
| Dauer und Häufigkeit |
| "Das Modul dauert ein Trimester und als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester des zweiten Studienjahres vorgesehen. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten. |

| Modulname | Modulnummer |
|--|-------------|
| Adaptive Übertragung und Signalverarbeitung | 3697 |

| | |
|-------|---|
| Konto | Wireless Communications: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|---|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|---|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp 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 |
|--|-----|-----------------------------------|-----------|----------|
| 36971 | VÜ | Array Processing | Pflicht | 3 |
| 36972 | VÜ | Adaptive und iterative Strategien | Pflicht | 2 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|--|
| Digitale Kommunikationstechnik oder äquivalent |

| Qualifikationsziele |
|---|
| <p>Die Studierenden sollen in den Lehrveranstaltungen des Moduls Adaptive Übertragung und Signalverarbeitung folgende Kernkompetenzen erworben haben:</p> <p>Fachkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breites Verständnis der Bedeutung von Kanalkennntnis am Sender in verschiedenen Systemen bzw. Systemstrukturen • Vertieftes Wissen in der Analyse und Konvergenz iterativer Empfänger und zur Realisierung von Kanalkennntnis am Sender • Verständnis für die Anwendungsbreite von Schätzverfahren über die Zeit- und Frequenzbereichsschätzung hinaus • Detaillierte Kenntnis der Potenziale von Mehrantennensystemen für die gerichtete räumliche Kommunikation und für die Nutzung der räumlichen Dimension als orthogonale Ausbreitungskomponente <p>Methodenkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit zur kritischen Bewertung der vielfältigen konkreten Anwendungen adaptiver und iterativer Konzepte in aktuellen und zukünftigen Systemen • Sicherer Umgang mit Ansätzen zur Konvergenzanalyse iterativer Empfänger |

- Fähigkeit zur Beurteilung der Anwendungsmöglichkeiten senderseitiger Kanalkennntnis
- Kenntnis und sichere Anwendung von Methoden zur Apertursynthese und modellbasierten Strahlformung
- Sicherheit in der Auswahl und dem Umgang mit wesentlichen Algorithmen der räumlichen Signalanalyse und Parameterschätzung

Inhalt

Lehrveranstaltung Array Processing (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)

- Antennenarrays, Beamforming und räumliche Filter: Anwendungsgebiete und Applikationen
 - Grundlagen und Einführung
 - uniforme lineare Arrays
 - zirkulare Arrays
 - Array Performance Metriken
 - Antennenelemente und deren Eigenschaften
- Synthese von Antennenarrays
 - Array-Polynome und z-Transformation
 - Räumliches Abtasttheorem
 - Binomialarrays, Dolph-Chebyshev Arrays, Villeneuve n-Verteilung
 - Least-Squares Fehlermustersynthese, Minimax Design, Null-Steering
 - Beam-space-Processing und räumlich non-uniforme lineare Arrays
- Grundlagen der planaren Arrays und Aperturen
- Charakterisierung von Space-Time Prozessen
 - Snapshot Modelle (Frequenz und Zeit)
 - Raum-Zeit-Zufallsprozesse
 - Parametrische Modelle und Wavenumber Modelle
- Grundlagen der Waveform Estimation
 - Beamforming, MMSE Estimators, Maximum SNR Estimators

- Multiple Plane Wave Signals (MMSE und MVDR Beamformer)
- Eigenvektor Beamformer
- Adaptive Beamformer
- Modellbasierte und leistungsbasierte Parameterschätzung mit Subspace-Verfahren
- Subspace Verfahren (MUSIC, ESPRIT)
- Capon Methode
- Minimum-Norm Methode
- Vom Beamforming zu Mehrantennenkommunikation
- MISO Systeme
- Alamouti-Übertragung
- MIMO Systeme Einführung in moderne Übertragungssysteme

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 2021 |
|-------|--|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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 |
|-----------------------|-------------|
| Robotersysteme | 3662 |

| | |
|-------|--|
| Konto | Autonome Intelligente Systeme: PFL-Module - CAE 2021 |
|-------|--|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|------------------------------------|----------|-----------------|
| Prof. Dr. rer. nat. Antje Gieraths | 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| • Kenntnisse des Moduls Höhere Mathematik |

| Qualifikationsziele |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - 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 |
|--|
| <p>1. Sensorik:</p> <p>Aufbau und Technologie moderner Sensoren, Anwendungen und digitale Weiterverarbeitung</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 |
|-----------------------|-------------|
| Robotik-Praxis | 3693 |

| | |
|-------|---|
| Konto | Autonome Intelligente Systeme: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| 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 ROS 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 |
|---|
| <p>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.</p> <p>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 ROS-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.

Zu Beginn der Lehrveranstaltung wird die Aufgabenstellung bekannt gegeben.

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.

Am Ende der Lehrveranstaltung findet ein Wettbewerb statt, in dem die verschiedenen Lösungen verglichen werden.

Leistungsnachweis

Portfolio, wobei die Note des Fachs durch bewertete Meilensteine und durch mündliche und/oder schriftliche Befragungen gebildet wird.

Dauer und Häufigkeit

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.

Sonstige Bemerkungen

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 |
|---------------------------------|-------------|
| Algorithmische Geometrie | 3694 |

| | |
|-------|---|
| Konto | Autonome Intelligente Systeme: Aufbau-Module - CAE 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

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 2021 |
|-------|---|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| Voraussetzungen laut Prüfungsordnung |
|--------------------------------------|
| |

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

| 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"> • lernen Techniken zur Optimierung neuronaler Netze kennen, Regularisierung, stochastisches Gradientenverfahren, Minibatch, Loss- und Aktivierungsfunktionen • eignen sich gängige Praktiken zum Trainieren und Evaluieren neuronaler Netze an • üben den Aufbau von Topologien wie Convolutional Neural Network und Recurrent Neural Network bzw. den von bekannten Architekturen wie LeNet oder AlexNet • befassen sich mit verschiedenen Themenstellungen wie Word Embeddings und Long-Short-Term Memory • arbeiten sich in das Framework Tensorflow, in die Programmiersprache Python sowie in die Nutzung eines High-Performance Computercluster für Deep Learning Anwendungen ein • programmieren Lösungen zu Aufgaben aus den Anwendungsbereichen Zeichen-erkennung, Segmentierung, Objektklassifizierung und Wortvorhersage |
| Leistungsnachweis |
| Portfolio oder eine 30-minütige mündliche Prüfung. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben. |
| Verwendbarkeit |
| 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“. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul umfasst 1 Trimester. Dieses Modul wird jeweils für die geraden Studienjahrgänge im WT (ungerade Jahreszahlen) angeboten. |
| Sonstige Bemerkungen |
| 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 |
|--------------------------|-------------|
| Aerothermodynamik | 1048 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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

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

| 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"> 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. 2. Ausgehend von einer Betrachtung von reibungsfreien Über-/Hyperschallströmungen unter Idealgasannahme werden schrittweise zusätzliche Kopplungen wie z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Reibungseffekte, • Effekte von einfachen chemischen Reaktionen im Gleichgewicht und Nichtgleichgewicht |

| |
|--|
| 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. |
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Prüfung 75 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten |
| Verwendbarkeit |
| Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen und angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet insbesondere von Wiedereintrittsfluggeräten. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 2. Master-Studienjahres statt. |

| Modulname | Modulnummer |
|-------------------------------------|-------------|
| Computational Fluid Dynamics | 1053 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

Empfohlene Voraussetzungen

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

Qualifikationsziele

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

Inhalt

- 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

| |
|--|
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none">• Blazek J.: Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications. Elsevier, Amsterdam, 2001.• Ferziger J.H., Peric M.: Numerische Strömungsmechanik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007.• Hirsch Charles: Numerical Computation of Internal and External Flows. Vol. I&II. Butterworth Heinemann, 2007.• LeVeque Randall J.: Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems. Cambridge Texts in Applied Mathematics. Cambridge University Press, 2002. |
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Prüfung 75 Minuten (Hilfsmittel: selbst angefertigte Mitschrift aus der Vorlesung (1xDINA4 beidseitig beschrieben), kein Taschenrechner) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel) |
| Verwendbarkeit |
| Das Modul kann in allen technisch orientierten Bereichen des LRT-Studiums verwendet werden. |
| Dauer und Häufigkeit |
| 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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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

| Modulname | Modulnummer |
|------------------------|-------------|
| FVW- Strukturen | 1065HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 | 4 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse in "Festigkeitslehre"

Qualifikationsziele

1. Die Studierenden kennen die Einzelkomponenten von Faserverbundwerkstoffen und deren Eigenschaften. Sie wissen, wie diese Werkstoffkomponenten im Verbund zusammenwirken.
2. Die Studierenden verstehen das Verhalten orthotroper und anisotroper Werkstoffe, sie können das Versagen solcher Werkstoffe an Hand von verschiedenen Bruchkriterien beurteilen.
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.
4. Die Studierenden kennen die Stärken, aber auch die Schwächen des Faserverbundwerkstoffes beim Einsatz in tragenden Strukturen.
5. Die Studierenden wissen, wie Strukturen aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt werden können und welche fertigungsabhängigen Eigenschaften beachtet werden müssen.

Inhalt

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.

Das Modul gliedert sich in folgende Abschnitte:

- Materialien
 - Faserwerkstoffe,
 - Matrixwerkstoffe.

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

| Modulname | Modulnummer |
|-------------------|-------------|
| Gasdynamik | 1066 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|--|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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: Lavalströmung, 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

| |
|--|
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> • Anderson J.D.: Modern Compressible Flow: With Historical Perspective. McGraw-Hill Series in Aeronautical & Aerospace Engineering, McGraw Hill Higher Education. 1990. • Krause E.: Strömungslehre, Gasdynamik und Aerodynamisches Laboratorium. 208 Aufgaben mit Lösungen sowie 11 ausführlichen Versuchen im Aerodynamischen Laboratorium. Vieweg+Teubner, 2003. • Oswatitsch K.: Grundlagen der Gasdynamik. Springer-Verlag GmbH, 1987. • Oswatitsch K.: Spezialgebiete der Gasdynamik. Schallnähe, Hyperschall, Tragflächen, Wellenausbreitung. Springer-Verlag, 1982. • Zierep J.: Theoretische Gasdynamik. Karlsruhe: G. Braun-Verlag, 1991. • Landau L.D., Lifschitz, E.M.: Hydrodynamik. Bd. 6, 1990, Verlag Harri Deutsch |
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Prüfung 90 Minuten (Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel). |
| Verwendbarkeit |
| 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. |
| Dauer und Häufigkeit |
| 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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 | 4 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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

| Qualifikationsziele |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 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. 2. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, Stabilitätsprobleme dünnwandiger stabartiger Tragwerke zu klassifizieren. Sie können die stabilitätskritischen Lasten für einfache dünnwandige Tragwerke ermitteln. 3. Die Studierenden besitzen ein grundlegendes Verständnis für die Wirkungsweise von Membrankreiszyinderschalen ohne und mit Umfangsversteifungen (Spante). |

| 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"> - Lastein-/umleitungen, Dreigurtscheibe, analytische Lösung, Shear-Lag Theorie. - Stabilität von Leichtbaustrukturen <ul style="list-style-type: none"> + Stab-Feder-Systeme <ul style="list-style-type: none"> Verzweigungsproblem, Durchschlagsproblem, Systeme mit mehreren Freiheitsgraden, kombinierte Beanspruchungen (Interaktionsformeln). + Elastische Tragwerke <ul style="list-style-type: none"> druckbelasteter Balken mit Vorverformung, |

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

| Modulname | Modulnummer |
|---------------------------------------|-------------|
| Messmethoden in der Strömungsmechanik | 1072HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|--|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| Grundkenntnisse aus Physik und Messtechnik sowie die Vorlesung "Strömungsmechanik". |

| Qualifikationsziele |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 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 |
|--|
| <p>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.</p> <p>Im Modul "Messmethoden in der Strömungsmechanik" werden die wichtigsten mechanischen, elektrischen und optischen Messverfahren behandelt, die heute in der Forschung und Entwicklung eingesetzt werden.</p> |

- 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 |
|--|-------------|
| Moderne Methoden der Regelungstechnik | 1075 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 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"> 1. Gegenstand, Geschichte und typische Anwendungsbeispiele von Mehrgrößensystemen. 2. Allgemeine Lösung, Koordinatentransformationen, Matrixexponentialfunktion. 3. Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Normalformen. 4. Übertragungsfunktion, Realisierbarkeit und Realisierung. 5. Stabilitätsbegriffe und -kriterien. 6. Zustandsrückführungen: Stabilisierung, Sollwertreglung, Entkopplung. 7. Beobachter, Separationsprinzip. 8. Störungen, Robustheit, I-Anteil. 9. Elemente der Linearen Optimalen Regelung. 10. Rechnergestützte Verfahren. |

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

| Modulname | Modulnummer |
|-----------------------------------|-------------|
| Moderne Strukturwerkstoffe | 1076HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|--|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Philipp Höfer Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Eric Jägle | 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

| 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 |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 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. |

| |
|---|
| <p>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.</p> |
| <p>Literatur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hornbogen E.: Metallische Werkstoffe, Springer Verlag, 2002. • Easterling K., Zschech E.: Werkstoffe im Trend. Berlin: Verlag Technik, 1996. • Easterling K.: Tomorrow's Materials. Dorchester, London: The Institute of Metals, the Dorset Press, 1988. • Ashby M.F., Jones R.H.: International Science and Technology. Vol. 34 & 39. Oxford, New York: Pergamon Press. • Bd. I: An introduction to their properties and application. 1980. • Bd. II: An introduction to microstructure and design. 1986. • Courtney T.H.: Mechanical Behavior of Materials. Series in Materials Science and Engineering. McGraw-Hill, 1990. |
| <p>Leistungsnachweis</p> |
| <p>Schriftliche Prüfung 60 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten</p> |
| <p>Verwendbarkeit</p> |
| <p>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.</p> |
| <p>Dauer und Häufigkeit</p> |
| <p>Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|---|-------------|
| Nichtgleichgewichts -Thermodynamik | 1077HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

| Qualifikationsziele |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Die Studierenden können die Bedeutung der Nichtgleichgewichts-Thermodynamik bei ingenieurs-wissenschaftlichen Problemstellungen hinsichtlich Realisierbarkeit, Entropieproduktion und Quantifizierung erkennen. 2. Die Studierenden können für sehr einfache Fälle quantitative und ansonsten qualitative Aussagen treffen. 3. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die Annahmen, Begrenzungen und Vorteile der ggw. Möglichkeiten der Modellierungen der Kontinuums(fluid-) Mechanik zu beurteilen |
| 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"> 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. 2) Davon ausgehend werden drei Haupt-Themengebiete in ihren Grundzügen betrachtet. <ul style="list-style-type: none"> • linear phänomenologische Theorie zur Beschreibung diffusiver Effekte, • Aufstellung makroskopischer Bilanzgleichungen und • Aufstellung mikroskopischer Bilanzgleichungen. 3) Das erworbene Wissen wird durch die Anwendung auf einfache Beispielsituationen erweitert und relevante Anwendungen in numerischen Verfahren diskutiert. |
| 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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

| 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"> • Übersicht über die Grundtypen von linearen partiellen Differentialgleichungen und ihre physikalische Bedeutung • Grundzüge der Raum-Zeit-Diskretisation partieller Differentialgleichungen: Finite Differenzenverfahren, Finite Elementeverfahren, Finite Volumenverfahren. • Diskussion verschiedener Typen numerischer Fehler • Untersuchung der Konsistenz und Stabilität von Verfahren • Anwendung auf praktische Beispiele: Konvektionsgleichung, Wärmeleitungsgleichung, Wellengleichung • Selbstständige Programmierung der erlernten Algorithmen in MATLAB |

| |
|--|
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none">• W. Dahmen und A. Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer Verlag, 2008• G. Evans, J. Blackledge, P. Yardley: Numerical Methods for Partial Differential Equations, Springer Verlag, 2000• J.H. Ferziger, M. Peric: Numerische Strömungsmechanik, Springer Verlag, 2007• C. Grossmann, H.G. Roos: Numerik partieller Differentialgleichungen, Teubner-Verlag, 2005• P. Knabner, L. Angermann: Numerik partieller Differentialgleichungen, Springer Verlag, 2000• 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• A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerische Mathematik 1 & 2, Springer Verlag, 2000• H. Schwarz: Methode der Finiten Elemente, Teubner-Verlag, 1991• Josef Stoer, Roland Bulirsch: Numerische Mathematik 1 und 2, Springer Verlag, Berlin 1994, 1990 |
| Leistungsnachweis |
| 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). |
| Verwendbarkeit |
| Das Modul kann in allen technisch orientierten Bereichen des LRT-Studiums verwendet werden. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert 1 Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt. |

| Modulname | Modulnummer |
|---------------------|-------------|
| Prozessrechentchnik | 1080 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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

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

| 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"> 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. 2. Hardware Aufbau von Prozessrechnern: Kennenlernen typischer Subsysteme und Komponenten (Prozessor, Prozessorarchitekturen, Speicher, Peripherie), Multitasking Unterstützung (Betriebsmodi, Speicherverwaltungssysteme, Threads), |

| |
|--|
| <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> |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> Färber G.: Prozessrechentchnik. Grundlagen, Hardware, Echtzeitverhalten. Berlin: Springer, 1994 |
| Leistungsnachweis |
| <p>Schriftliche Prüfung: 75 Minuten oder Mündliche Prüfung: 30 Minuten</p> |
| Verwendbarkeit |
| <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> |
| Dauer und Häufigkeit |
| <p>Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|--------------------------|-------------|
| Raumfahrtantriebe | 1081HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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. |
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Prüfung 75 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten |
| Verwendbarkeit |
| Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen und angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet insbesondere von Flugkörper- und Raumfluggeräten. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 2. Master-Studienjahres statt. |

| Modulname | Modulnummer |
|------------------|-------------|
| Regelungstechnik | 1082 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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 | 1086HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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">1. Raumfahrtmissionen aus systemtechnischer Sicht2. Einfluss der Weltraumumgebung auf Raumfahrzeuge3. Satellitensubsysteme: Energieversorgung, Antriebssysteme, Lage- und Bahnregelung, Thermalregelung, Datenverarbeitung, Kommunikation, Mechanismen, Konfiguration und Struktur |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none">• Ley, Wittman, Hallmann: Handbuch der Raumfahrttechnik• Wertz J.R., Larson W.J.: Space Mission Analysis and Design |
| Leistungsnachweis |
| <p>Schriftliche Prüfung 90 Minuten</p> <ul style="list-style-type: none">• 30 Minuten Frageteil: keine Hilfsmittel• 60 Minuten Aufgabenteil: Skript, Formelsammlung, Taschenrechner |
| Verwendbarkeit |
| <p>Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen, angewandte Forschung sowie Projektmanagement auf dem Gebiet der Raumfahrt.</p> |
| Dauer und Häufigkeit |
| <p>Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 1. Master-Studienjahres statt.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|---------------|-------------|
| Sensortechnik | 1087HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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

| Qualifikationsziele |
|---|
| <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 |
|--|
| <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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"> • Messkette – von der Messgröße zum Messwert im Rechner Signalaufbereitung, Abtastung, Abtasttheorem, Aliasing, Analog-Digital-Wandler, Digitale Signalübertragung, Serielle Bussysteme, Digital-Analog-Wandler • 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. • 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. • 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. • 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 • Abstandsgebende Sensoren auf Basis Laufzeitmessung: Prinzip der Laufzeitmessung: Ultraschallsensoren, Radar und Lidar • Bildgebende Sensoren: Video- und Infrarotkameras, HD (hochauflösende) 3D Lidarsysteme, optische time-of-flight Kameras. Grundlagen der Modellierung, Abbildungsgleichungen, homogene Koordinaten. • Weiterführende Themen: Sensor-Timing, -Synchronisation und -Fusion. Out-of-sequence Messung. |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> • Everett H.R.: Sensors for Mobile Robots. Wellesley: Peters, 1995. |
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Prüfung 75 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten |
| Verwendbarkeit |
| 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. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt. |

| Modulname | Modulnummer |
|---|-------------|
| Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen | 1088HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|---------------------------------------|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Eric Jägler | 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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 |
|------------------------|-------------|
| Strukturdynamik | 1089HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 | 4 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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

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

| Inhalt |
|--|
| <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"> - Erzwungene Schwingungen von Masse-Feder-Systemen mit einem FHG analytische Lösungen, numerische Lösungen der Bewegungsgleichung. - Erzwungene Schwingungen von Systemen mit vielen Freiheitsgraden |

| |
|---|
| <p>Eigenfrequenzen, Eigenformen, Systematisches Aufstellen der Bewegungsgleichung, Erstellung der Steifigkeitsmatrix, Massenmatrix, Reduktion von Freiheitsgraden, Orthogonalität der Eigenvektoren, Entkopplung der Bewegungsgleichungen, Gedämpfte Schwingungen, Dämpfungsmodelle, Numerische Integration der Bewegungsgleichungen, Newmark-β-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> |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> • Gasch R., Knothe K.: Strukturdynamik. Berlin: Springer-Verlag, 1987. • Hart G.C., Wong K.: Structural Dynamics for Structural Engineers. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999. • Craig R.R., Kurdila A.J.: Fundamentals of Structural Dynamics, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2006. • Lalanne Ch.: Mechanical Vibration and shock Analysis. Volume 1: Sinusoidal Vibration. London: ISTE Ltd. and John Wiley & Sons Inc., 2009. |
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Prüfung 90 Minuten (30 Minuten Fragenteil ohne Hilfsmittel, 60 Minuten Aufgabenteil mit allen Hilfsmitteln) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel) |
| Verwendbarkeit |
| 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. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Herbsttrimester des 1. Master-Studienjahres statt. |

| Modulname | Modulnummer |
|----------------------------------|-------------|
| Wärme- und Stofftransport | 1090HAW |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp | Empf. Trimester |
|--|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr. rer. nat. 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

Empfohlene Voraussetzungen

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

Qualifikationsziele

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

Inhalt

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

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

- Nach einer kurzen Erläuterung der einfachen Berechnungsmethoden für die Wärmeleitung werden die Studierenden mit komplexeren analytischen Berechnungsmethoden vertraut gemacht.
- Mit den Studierenden werden Maßnahmen zur Erhöhung des Wärmeübergangs, insbesondere auch durch Erhöhung der übertragenden Oberfläche, diskutiert.
- 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.
- 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.
- Beispiele gekoppelter Problemstellungen mit Wärmeleitung, konvektivem Wärmeübergang und Phasenwechsel vertiefen die Fähigkeiten der Studierenden.
- 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.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 Minuten

Verwendbarkeit

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.

Dauer und Häufigkeit

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

| Modulname | Modulnummer |
|----------------|-------------|
| Weltraumphysik | 1091 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 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"> • Bezugssysteme und Zeitreferenz • Keplerbahn, Bahnelemente, Bahnübergänge • Bestimmung von Satellitenbahnen • Bahnstörungen • Spezielle Satellitenbahnen • Interplanetare Bahnen • Interplanetarer Transfer |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> • Curtis: Orbital Mechanics for Engineering Students • Steiner, Schagerl: Raumflugmechanik • Messerschmid, Fasoulas: Raumfahrtsysteme • Ley, Wittman, Hallmann: Handbuch der Raumfahrttechnik |
| Leistungsnachweis |
| <p>Schriftliche Prüfung 90 Minuten</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 Minuten Frageteil: keine Hilfsmittel • 60 Minuten Aufgabenteil: Skript, Formelsammlung, Taschenrechner |
| Verwendbarkeit |
| <p>Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen sowie angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Dynamik und Lageregelung von Satelliten.</p> |
| Dauer und Häufigkeit |
| <p>Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|---|-------------|
| Algorithmen und Datenstrukturen in C++ | 1109 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| 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"> • Templates • Algorithmen • Container, Adapter, Iteratoren |
| 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"> • Das Modul dauert 1 Trimester. • Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. |

| Modulname | Modulnummer |
|--------------------------------------|-------------|
| Einführung in die Klebtechnik | 1154 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|-------------------------------------|
| Technische Mechanik, Werkstoffkunde |

| Qualifikationsziele |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Die Studenten gewinnen einen Einblick in das interdisziplinäre Zusammenspiel von Faktoren, die das Fügeverfahren "Kleben" bestimmen. • 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. • 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). • 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. |

| 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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|--|
| <p>Erforderlich: Ingenieurmathematik & Physik aus dem Bachelorstudium</p> <p>Erwünscht: Höhere Mathematik</p> <p>(Fehlende Grundlagen werden nötigenfalls in der Vorlesung erarbeitet)</p> |

| Qualifikationsziele |
|--|
| <p>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.</p> <p>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.</p> |

| Inhalt |
|--|
| <p>Kinematische Fragestellungen, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 |
|-----------------------|-------------|
| Projektmanagement CAE | 1170 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

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 |
|---|-------------|
| Prozessmanagement und Engineering Standards | 1171 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

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 |
|---|-------------|
| Antennentechnik und EMV in der Kommunikationstechnik | 1290 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

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

Lehrveranstaltung a):

- Detaillierte Kenntnisse zu passiven Antennen und deren Dimensionierung,
- Detaillierte Kenntnisse zu aktiven Antennen und deren Dimensionierung,
- Grundkenntnisse zu Rauschvorgängen und zur Bedeutung des Außenrauschens,
- Grundkenntnisse über hochlineare rauscharme Verstärkerkonzepte,
- Grundkenntnisse zur speziellen Problematik von Mobilfunkkommunikation.

Lehrveranstaltung b):

- Detaillierte Kenntnisse zu Kopplungsmechanismen bei ortsunabhängigen Spannungen und Strömen,
- Detaillierte Kenntnisse zur Leitungs- und Strahlungskopplung,
- Grundkenntnisse zur Strahlungsexposition,
- Detaillierte Kenntnisse zu HF-Messgeräten für die EMV,
- Detaillierte Kenntnisse zu Maßnahmen zur Sicherstellung der EMV.

Inhalt

Lehrveranstaltung a): **Antennentechnik (Prof. Hopf)**

Passive Antennen

- Antenne als Wellentypwandler zwischen Freiraumwelle und leitungsgeführter Welle,
- Dimensionierungsaspekte für elektrisch kurze Antennen im Sendefall über eine Leistungsbetrachtung,

- 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. |
| Leistungsnachweis |
| 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. |
| Verwendbarkeit |
| Wahlpflichtmodul aller Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Elektrotechnik und Informationstechnik" sowie des M.Sc.-Studiengangs "Mathematical Engineering" |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. |

| Modulname | Modulnummer |
|----------------------------------|-------------|
| Rechnergestützte Layoutverfahren | 1389 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Qualifikationsziele |
|---|
| Die Studierenden erwerben die Kompetenz, verschiedene Entwurfskonzepte für die Layoutsynthese zu beurteilen. |
| 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. |
| Inhalt |
| <p>Grundlagen der Layoutsynthese</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standardzellen, Sea of Gates, Makrozellen • Zellen-Design • mathematische Grundlagen <p>Verdrahten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstruktion von Verbindungsnetzen • Pfadalgorithmus, Labyrinthalgorithmus, Lee-Algorithmus • Channel-Routing <p>Platzieren</p> |

| |
|---|
| Leistungsnachweis |
| sP-60 |
| Verwendbarkeit |
| Das Verständnis von Layoutverfahren ist Hilfreich sowohl beim händischen als auch beim automatisierten Layoutentwurf von integrierten Schaltungen oder Leiterplatten (PCB). |
| Dauer und Häufigkeit |
| 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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

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
- Physikalische Modellbildung dynamischer Prozesse
- Darstellungsformen und Klassifikation dynamischer Systeme
- Einführung in komponentenbasierte Simulation mit Anwendungen (z.B. Modelica)
- Optimierungsanwendungen und Parameteridentifikation
- Numerische Integrationsverfahren

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 |
|---|-------------|
| Methoden in der Produktentwicklung | 1423 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 | 72 | 78 | 5 |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr. | Art | Veranstaltungsname | Teilnahme | TWS |
|--|-----|------------------------------------|-----------|----------|
| 10741 | VL | Methoden in der Produktentwicklung | Pflicht | 4 |
| 10742 | UE | Methoden in der Produktentwicklung | Pflicht | 2 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

| Qualifikationsziele |
|--|
| <p>Fachkompetenz:</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>Methodenkompetenz:</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>Sozialkompetenz:</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

| |
|---|
| |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> • Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Gote H.: Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. 8. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2013. • Ehrenspiel K.: Integrierte Produktentwicklung Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 5. Auflage. Hanser Fachbuchverlag, 2013. • Lehner F.: Wissensmanagement. Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. 5. Auflage. Hanser Fachbuchverlag, 2014. • Eigner M., Stelzer R.: Produktdatenmanagement-Systeme: Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management. 2. Auflage. Berlin: Springer Verlag, 2009. |
| Leistungsnachweis |
| <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> |
| Verwendbarkeit |
| <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> |
| Dauer und Häufigkeit |
| <p>Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|------------------------------------|-------------|
| Digitale Signalverarbeitung | 1430 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| Grundkenntnisse in Mathematik und Statistik |

| Qualifikationsziele |
|---|
| <p>Fachkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> Breites und detailliertes Verständnis der mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften Vertieftes Wissen in der Analyse des Ein-/Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich <p>Methodenkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sicherer Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich sowie zum Entwurf digitaler Filter, verbunden mit der Befähigung, diese Werkzeuge situationsbezogen auf neue Problemstellungen zu übertragen Fähigkeit zur Auswahl, Parametrierung und kritischen Bewertung von zeitdiskreten Signalverarbeitungskomponenten hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit <p>Sozial-/Selbstkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vermögen methodisch bedingte Artefakte in der praktischen Anwendung zu erkennen und diese kritisch im Hinblick auf mögliche Fehlinterpretationen zu reflektieren und zu diskutieren |

| Inhalt |
|--|
| <p>Die digitale Signalverarbeitung ist eine Schlüsselwissenschaft für alle Anwendungsgebiete der Informationstechnik. Nicht zuletzt bedingt durch die rasant wachsende Verbreitung eingebetteter Computersysteme, hat sich die digitale Darstellung und Verarbeitung von Signalen neben der Kommunikationstechnik auch in der Automatisierungstechnik, der Luft- und Raumfahrttechnik, der Mess- und Sicherheitstechnik, der Medizintechnik und der Mechatronik etabliert.</p> <p>In der Lehrveranstaltung "Digitale Signalverarbeitung" werden folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none">• Grundlagen der digitalen Signaldarstellung im Zeit- und Spektralbereich (Abtasttheorem)• z-Transformation, Diskrete Fouriertransformation (DFT), Fast Fourier Transformation (FFT)• Parameterdiskrete Systeme (LVI-Systeme)• Schnelle Algorithmen der digitalen Signalverarbeitung• Entwurf zeitdiskreter Signalverarbeitungssysteme (Filterentwurf)• Deterministische und stochastische Signale• Adaptive Filter |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none">• Skriptum zur Vorlesung Digitale Signalverarbeitung. UniBw München• K.-D. Kammeyer, K. Kroschel: Digitale Signalverarbeitung. Vieweg Teubner• V. Oppenheim, R. W. Schaffer: Digital signal processing. Prentice Hall |
| Leistungsnachweis |
| <p>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.</p> <p>Die zweite Wiederholungsprüfung wird grundsätzlich als mündliche Prüfung abgehalten.</p> |

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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
|---|
| <p>Grundlegende Fachkenntnisse im Thema der Studienarbeit.</p> <p>Kenntnisse des Projektmanagements.</p> |
| Qualifikationsziele |
| <p>Fachkompetenz:</p> <p>Die Studierenden erwerben im Fachgebiet der Studienarbeit vertiefte Kompetenzen.</p> <p>Methodenkompetenz:</p> <p>Die Studierenden sind fähig, ein Projekt/eine Studienarbeit zu planen und selbständig durchzuführen sowie ein Projekt eigenverantwortlich zu leiten und zu kontrollieren.</p> <p>Sozialkompetenz: Kommunikation und Kooperation</p> <p>Die Studierenden erwerben Kompetenzen in der Kommunikation und Kooperation mit dem Aufgabensteller und beteiligten Labormitarbeitern.</p> <p>Selbstkompetenz: Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität</p> <p>Die Studierenden lernen eine systematische Arbeitsweise, eine vollständige, wissenschaftlichen Ansprüchen genügende Dokumentation sowie die Fähigkeit zur Diskussion und Interpretation von Ergebnissen.</p> |
| Inhalt |
| <p>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</p> |

| |
|---|
| eines Projektes. In der Studienarbeit bearbeiten die Studierenden entweder alleine oder in Teams eigenverantwortlich ingenieurwissenschaftliche Projekte. |
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Ausarbeitung. Bei Teamarbeit sind die individuellen Anteile der Studierenden kenntlich zu machen. |
| Verwendbarkeit |
| Das Modul ist in allen technischen Studiengängen verwendbar. |
| Dauer und Häufigkeit |
| <ul style="list-style-type: none"> • Das Modul dauert 1 Trimester. • 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. |
| Sonstige Bemerkungen |
| <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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|--|
| Kenntnisse der Programmierung in C/C++. |
| Qualifikationsziele |
| Fähigkeit zur Erstellung von interaktiven, graphischen Programmen |
| Inhalt |
| <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsweise graphischer Benutzeroberflächen • Programmierung wiederverwendbarer Komponenten • Nutzung von modernen integrierten Entwicklungsumgebungen |
| 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"> • Das Modul dauert 1 Trimester. • Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. |

| Modulname | Modulnummer |
|------------------|-------------|
| Ballistik | 1447 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der Grundlagen-Module Ingenieur-Mathematik I und II, Angewandte Physik, Technische Mechanik.

Nicht für Studierende, die im BA-MB die Vertiefung "Sicherheitstechnik" belegt hatten.

Die Teilnehmerzahl ist auf 12 Personen beschränkt.

Qualifikationsziele

Methodenkompetenz:

Fähigkeit zur praxisorientierten Berechnung der Flugbahn von Geschossen und Wurfkörpern, der Bewegung von Geschossen im Waffenrohr und der Reaktionen der Waffe.

Fachkompetenz:

Kenntnis von Arten, Aufbau, Konstruktionsprinzipien, Funktion und Wirkung der verschiedenen Munitionstypen.

Inhalt

Außenballistik: Vakuumballistik. Flugbahn im luftgefüllten Raum: Luftwiderstand;

Ansätze für die Verzögerung; militärisch relevante Geschossflugbahnen;

Flugbahnberechnung mit Hilfe von Näherungsansätzen.

| |
|--|
| <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> |
| Leistungsnachweis |
| sP-90 |
| Verwendbarkeit |
| Im nachfolgenden beruflichen Einsatz als Offizier. |
| Dauer und Häufigkeit |
| <ul style="list-style-type: none"> • Das Modul dauert 1 Trimester. • Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. • Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen. |

| Modulname | Modulnummer |
|-----------------------------------|-------------|
| Schiffsmodellversuchswesen | 1448 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

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>Selbstkompetenz:</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>Inhalt</p> |
| <p>Fachkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Bedeutung des Schiffsmodellversuchswesens für die Seefahrt sowie • fundierte Kenntnisse über die Beschreibung von Meereswellen. • 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 • grundlegende Kenntnisse über allgemeine Fachkunde des Modellbaus und Sonderbestimmungen gem. ITTC <p>Methodenkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verstehen der Grundlagen zur Planung, Durchführung sowie Auswertung von Modellversuchen bis hin zur Stabilitätsanalyse von seegehenden Fahrzeugen • vertiefende praktische Anwendungen an ausgewählten Beispielen. <p>Sozialkompetenz:</p> <p>Die Wissensvermittlung erfolgt unter Berücksichtigung des den internationalen Austausch der Schiffbauversuchsanstalten bedingenden Benchmarkings der ITTC.</p> <p>Selbstkompetenz:</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>Literatur</p> |
| <p>Zahlreiche Lehrmittel werden zur Verfügung gestellt. Literatur und Links ins www werden in der Lehrveranstaltung genannt.</p> |
| <p>Leistungsnachweis</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 |
|--|-------------|
| Schwingbruchgefährdete Bauteile sicher dimensionieren und betreiben | 1449 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| Technische Mechanik, Werkstoffkunde, Bauteilprüfung und Betriebsfestigkeit. Maximal 16 Teilnehmer. |
| Qualifikationsziele |
| Vertiefte Kenntnisse zur Dimensionierung und Betrieb schwingbruchgefährdeter Bauteile, Anwendung von Nachweis- und Auslegungskonzepten in der Betriebsfestigkeit, Zusammenhang zwischen Leichtbau und Betriebsfestigkeit |
| Inhalt |
| Ermittlung der Betriebsbelastungen (Einsatzspiegel, Bemessungskollektive und -matrizen), Mehrachsige Belastungen, Experimenteller Betriebsfestigkeitsnachweis, Möglichkeiten zur Versuchzeitverkürzung, Anwendung rechnerischer Lebensdauerabschätzung und Auslegungskonzepte |
| Literatur |
| Zur Vorbereitung und Vertiefung empfiehlt sich folgende Literatur: |
| Buxbaum, O: Betriebsfestigkeit - Sichere und wirtschaftliche Bemessung schwingbruchgefährdeter Bauteile und Konstruktionen Verlag Stahleisen Düsseldorf 1992 Haibach, E: Betriebsfestigkeit - Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung |

| |
|---|
| <p>VDI-Verlag Düsseldorf 2006</p> <p>Jenne, S., Pötter, K., & Zenner, H. Zählverfahren und Lastannahme in der Betriebsfestigkeit. Springer Verlag 2012</p> <p>Naubereit, H.; Weihert, J.</p> <p>Einführung in die Ermüdungsfestigkeit</p> <p>Hanser Verlag München 1999</p> <p>Radaj, D:</p> <p>Ermüdungsfestigkeit: Grundlagen für Leichtbau, Maschinen- und Stahlbau</p> <p>Springer Verlag Berlin 2007</p> <p>Sander, Manuela. Sicherheit und Betriebsfestigkeit von Maschinen und Anlagen. Springer-Verlag Berlin, 2008</p> |
| 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 |
|--|-------------|
| Praktikum Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen | 1452 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 4 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|--|
| Studierende benötigen Kenntnisse aus der Vorlesung "Technologie Integrierter Schaltungen" (Modul "Einführung EDA/Technologie integrierter Schaltungen"). |
| Qualifikationsziele |
| <ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung der Kenntnisse über Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen anhand von Rechnersimulationen (TCAD) • Vertieftes Verständnis über den Einfluss des Herstellungsprozesses auf die Bauelementeigenschaften. |
| Inhalt |
| <ul style="list-style-type: none"> • Simulation der Herstellung • Veranschaulichung des Einflusses des Herstellungsprozesses auf die elektronischen Eigenschaften der Bauelemente • Simulation der elektronischen Eigenschaften • Auslegung der Prozessschritte und Gesamtprozessintegration |
| 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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

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 |
|-----------------------------------|-------------|
| Netz- und Systemmanagement | 1459 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| 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> |

| |
|---|
| 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. |
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Prüfung von 45 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. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester. |

| Modulname | Modulnummer |
|-------------------------------------|-------------|
| Mobile Kommunikationssysteme | 1460 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

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.

| |
|---|
| Leistungsnachweis |
| Schriftliche Prüfung von 45 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. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester |

| Modulname | Modulnummer |
|---------------|-------------|
| Schadenskunde | 1466 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| <p>Der Studierende benötigt Kenntnisse der Werkstofftechnik und der technischen Mechanik. Die Zahl der Teilnehmer ist auf 10 beschränkt.</p> |
| Qualifikationsziele |
| <p>Fachkompetenz:</p> <p>Die Studierenden gewinnen die Fähigkeit, aus der Untersuchung von Schadensteilen Rückschlüsse auf die Schadensursachen zu schließen und daraus Korrekturmaßnahmen abzuleiten.</p> <p>Methodenkompetenz:</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage Schäden systematisch und umfassend zu analysieren und eine Schadensuntersuchung zu planen und zu organisieren.</p> <p>Sozialkompetenz:</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>Selbstkompetenz:</p> |

| |
|---|
| Die Studierenden lernen eine systematische Arbeitsweise, eine vollständige Dokumentation und eine neutrale Interpretation als Basis wissenschaftlichen Arbeitens. |
| Inhalt |
| 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. |
| Leistungsnachweis |
| Studienarbeit: Die Studierenden untersuchen selbständig ein Schadensteil und erstellen einen Untersuchungsbericht. |
| Verwendbarkeit |
| 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. |
| 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 |
|-------------------|-------------|
| Prozesssimulation | 1494 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

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 |
|--|-------------|
| Praxis der Kraftfahrzeugaerodynamik | 1495 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

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 |
|-------------------------------|-------------|
| Wirksystemtechnologien | 1509 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| abgeschlossener BA in Maschinenbau oder vergleichbare Qualifikation |
| Qualifikationsziele |
| - Die Vorlesung soll einen Einblick in Wirksystemtechnologien und angrenzende Themengebiete wie Zündsystemtechnologien, IM und Effektivitätsanalysen vermitteln. - Die Studierenden sollen die verschiedenen Technologien verstehen und im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit auch auf übergeordneter Systemebene bewerten können. |
| Inhalt |
| <p>1. Einführung</p> <p>a. Grundbegriffe, Definitionen, Literaturquellen</p> <p>2. Grundlagenthemen</p> <p>a. Einführung in die Sprengstoffinitiiierung und Detonik</p> <p>b. Ausgewählte Themen der Ballistik (Splitter-, End-, Wundballistik)</p> <p>c. Überblick über Methoden und Verfahren der experimentellen (Hochgeschwindigkeits-) Diagnostik</p> <p>d. Überblick über Modellbildung und Simulation sowie Simulationstools</p> <p>3. Wirksystemtechnologien</p> <p>a. Klassische Wirkmechanismen</p> |

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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|----------------------------|
|----------------------------|

Bachelor-Studium

| Qualifikationsziele |
|---------------------|
|---------------------|

- Detailliertes Wissen der Werkstoffkunde von Fasern, Matrixsystemen und Halbzeugen und Methoden zur Werkstoffauswahl
- Kenntnisse zur Dimensionierung und Auslegung von hochbeanspruchten Faserverbund-Strukturen für die Luft- und Raumfahrtanwendung.
- Anwenden der speziell für Verbundwerkstoffe entwickelten Theorien zur Spannungs- und Festigkeitsanalyse
- Wissen über die unabdingbaren Konstruktions-Grundlagen der Verbundstrukturen.

| Inhalt |
|--------|
|--------|

- Einsatzbeispiele von Faserverbundwerkstoffen
- Werkstoffkunde von Fasern, Matrixsystemen und Halbzeugen
 - Methoden zur Werkstoffauswahl
- Elasto-Statik der Faser-Kunststoff-Verbunde
 - Zusammenwirken von Verstärkungsfasern und Matrix
 - Bestimmung der Elastizitätsgrößen

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Mikromechanik- Das Elastizitätsgesetz der UD-Schicht, Polartransformation- Klassische Laminattheorie des Scheibenelements- Einfluss der Temperatur <ul style="list-style-type: none">- Festigkeitsanalyse<ul style="list-style-type: none">- Versagensformen- Festigkeitsanalyse anhand von Festigkeitskriterien- Degradationsanalyse <ul style="list-style-type: none">- 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 |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert ein Trimester und findet im Wintertrimester statt. |

| Modulname | Modulnummer |
|------------|-------------|
| Simulation | 1529 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

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 Modellentwurfprozessen, 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 |
|--------------------------|-------------|
| Digitale Forensik | 1638 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | |

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.

| |
|---|
| |
| Leistungsnachweis |
| Studienarbeit (Erstellung eines IT-forensischen Gutachtens) |
| Verwendbarkeit |
| 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. |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert 1 Trimester. |

| Modulname | Modulnummer |
|-------------|-------------|
| Datenschutz | 1639 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

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> |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none">• R. Petrljic, Ch. Sorge: Datenschutz - Einführung in technischen Datenschutz, Datenschutzrecht und angewandte Kryptographie, Springer Verlag, 2020• Th. Kranig, A. Sachs und M. Gierschmann: Datenschutz-Compliance nach der DSGVO Handlungshilfe für Verantwortliche inklusive Prüffragen für Aufsichtsbehörden, Bundesanzeiger Verlag, 2019• Reimer, Philipp: Verwaltungsdatenschutzrecht, Das neue Recht für die behördliche Praxis, Nomos Verlag, 2019 |
| Leistungsnachweis |
| <p>Schriftliche Prüfung mit 30 Minuten Dauer oder mündlichen Prüfung mit 15 Minuten Dauer. Die Prüfungsform wird zu Beginn des Moduls festgelegt.</p> |
| Verwendbarkeit |
| <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> |
| Dauer und Häufigkeit |
| <p>Das Modul dauert 1 Trimester.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|-----------------------------|-------------|
| Identitätsmanagement | 1640 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

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

| |
|---|
| <p>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.</p> |
| <p>Leistungsnachweis</p> |
| <p>15 Min mündliche Prüfung oder 30 Min schriftliche Prüfung. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls festgelegt.</p> |
| <p>Verwendbarkeit</p> |
| <p>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.</p> |
| <p>Dauer und Häufigkeit</p> |
| <p>Das Modul dauert 1 Trimester.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|--|-------------|
| Schutz von kritischen Infrastrukturen | 1641 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| 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"> • Studierende kennen gesetzliche Grundlagen, Normen und Standards der IT-Sicherheit Kritischer Infrastrukturen • Studierende kennen IT-Sicherheitsmaßnahmen für Kritische Infrastrukturen, die Technik, Mensch und Organisation adressieren • Studierende kennen Verfahren, IT-Sicherheitsmaßnahmen zu konzipieren und umzusetzen. |
| 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 |
|-------------------------------|-------------|
| Elektronische Displays | 1779 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

Empfohlene Voraussetzungen

- Gute Kenntnisse in einer Programmiersprache
- Interesse an der Thematik des maschinellen Lernens
- Wünschenswert sind elementare Kenntnisse zu neuronalen Netzen, wie sie beispielsweise in der Vorlesung „Künstliche Intelligenz“ vermittelt werden
- Die Anzahl der Teilnehmer ist beschränkt auf 10

Qualifikationsziele

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.

Inhalt

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.

In diesem Modul erwerben die Studierenden umfassende theoretische und praktische Kenntnisse des Deep Learning. Sie

- lernen Techniken zur Optimierung neuronaler Netze kennen, Regularisierung, stochastisches Gradientenverfahren, Minibatch, Loss- und Aktivierungsfunktionen
- eignen sich gängige Praktiken zum Trainieren und Evaluieren neuronaler Netze an

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • üben den Aufbau von Topologien wie Convolutional Neural Network und Recurrent Neural Network bzw. den von bekannten Architekturen wie LeNet oder AlexNet • befassen sich mit verschiedenen Themenstellungen wie Word Embeddings und Long-Short-Term Memory • entwickeln ein Generative Adversarial Network, um realitätsnahes Datenmaterial zu generieren • 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 • programmieren Lösungen zu Aufgaben aus den Anwendungsbereichen Zeichenerkennung, Segmentierung, Objektklassifizierung und Wortvorhersage |
| Leistungsnachweis |
| Studienarbeit oder eine mündliche Prüfung von 30 Minuten. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben. |
| Verwendbarkeit |
| Dieses Modul bildet die Grundlage für Masterarbeiten zu Themen aus dem Bereich "Deep Learning". |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul umfasst 1 Trimester. Dieses Modul wird nur in geraden Jahren im HT angeboten. |
| Sonstige Bemerkungen |
| 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 |
|--|-------------|
| Entwicklung eines verbrennungsmotorbasierten Antriebskonzeptes für Personenkraftfahrzeuge | 2802 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|---|
| Grundlegende Kenntnisse der Module: <ul style="list-style-type: none"> • Kolbenmaschinen und Maschinendynamik • Verbrennungskraftmaschinen I • Thermodynamik und Wärmeübertragung • Strömungstechnik |
| Qualifikationsziele |
| 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. |
| Inhalt |
| 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. |
| 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 |
|-------------------------------------|-------------|
| Festigkeitsauslegung mit FEM | 3503 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

Empfohlene Voraussetzungen

Modul „Strukturberechnung I“ (damit nur für CE geeignet)

Qualifikationsziele

- 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)
- Verständnis zur Aussagekraft von FEM-Ergebnissen, abhängig von Belastung, Werkstoffbeanspruchung und Modellierungstiefe
- Methodenkompetenz zur Durchführung von Betriebsfestigkeitsanalysen mit FEM
- Verständnis für Beanspruchungen bei Schweißverbindungen und deren Modellierung mit FEM
- Optimierung von tragenden Strukturen mittels geeigneter Algorithmen
- Selbstkompetenz: Sensibilisierung für Grenzen der Optimierungsstrategien

Inhalt

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.

Übersicht:

- Spannungsauswertung im Post-Processing der FEM
- Versagensarten in Realität und Modell
- Statischer Festigkeitsnachweis anhand von Spannungswerten
- Stabilitätsnachweis (Beulen, Knicken): linearer und nichtlinearer Ansatz
- Betriebsfestigkeitsnachweis mit FEM
- Modellierung von Schweißverbindungen mit FEM

| |
|---|
| • Rechnergestützte Festigkeits-Optimierung von Strukturen |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> • Forschungskuratorium Maschinenbau: Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile – FKM-Richtlinie. • 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. • Niemann, G. et al.: Maschinenelemente – Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen. 3. Aufl. Berlin: Springer, 2001. • Wittel, H. et al.: Roloff/Matek Maschinenelemente. 21. Aufl. Wiesbaden: Springer 2013. |
| Leistungsnachweis |
| Mündliche Prüfung, 30 min |
| Verwendbarkeit |
| Anwendung der FEM zur Festigkeitsauslegung und Optimierung |
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert ein Trimester und wird im Wintertrimester angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten. |

| Modulname | Modulnummer |
|--|-------------|
| Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich | 3685CAE |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 5 |

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse der Digitaltechnik und der Programmierung (BSc-Pflichtfächer)
- Teilnahme an der Vorlesung „Architektur und Programmierung von Microcontrollern (B.Sc.) oder vergleichbares Vorwissen
- Bereitschaft zur eigenmotivierten aktiven Mitarbeit in kleinen Teams
- Wegen der studentenzentrierten Ausrichtung muss die Teilnehmerzahl für diese Lehrveranstaltung auf max. 6 Studierende begrenzt werden (3 Teams a 2 Studierende)

Qualifikationsziele

Fachkompetenz:

- Erwerb von grundlegendem methodischen Wissen zum Bereich Prozessdatenverarbeitung (PDV)
- Erwerb von vertieften Kenntnissen zur Anwendung von Microcontrollern in der Automatisierungstechnik als Kernanwendung in der PDV

Methodenkompetenz:

- Erwerb von erweitertem methodischen Wissen zum Bereich Signalprozessoren und deren Programmierung
- Sicheres Beherrschen der jeweiligen Programmierungsumgebungen

Sozialkompetenz:

- Fähigkeit zur eigenständigen Problemlösung und Ergebnispräsentation in Team-Arbeit

| |
|--|
| Selbstkompetenz: |
| <ul style="list-style-type: none"> • Training on the Job der Programmierung anhand einer komplexen Aufgabenstellung |
| Inhalt |
| <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> |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> • Andrew S. Tanenbaum, Rechnerarchitektur: Von der digitalen Logik zum Parallelrechner, Pearson Studium; Auflage: 6., aktualisierte (1. März 2014) • Kupris G., Thamm O., Mikrocontroller- Design. Hard- und Softwareentwicklung mit dem 68HC12/HCS12. Hanser, 2003 • Reißweber B, Prozessdatenverarbeitung, Oldenbourg, 1995, Signatur: /I-LB785 |
| Leistungsnachweis |
| <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> |
| Verwendbarkeit |
| <ul style="list-style-type: none"> • Wahlpflichtmodul MINT • Wahlpflichtmodul CAE |
| Dauer und Häufigkeit |
| 1 Semester, in jedem (vorzugsweise FT), Startzeitpunkt ab 2. M.Sc. Semester |
| Sonstige Bemerkungen |
| Modul von EIT für CAE |

| Modulname | Modulnummer |
|---|-------------|
| Rechnergestützte Ergonomiesimulation mit Ramsis | 3783 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

Empfohlene Voraussetzungen

Der Besuch der Vorlesung „Grundlagen der Ergonomie“ (Wahlpflichtfach im 6. Trimester im Bachelor-Studiengang MB) wird empfohlen, ist aber keine Voraussetzung.

Qualifikationsziele

- Vertiefung von Kenntnissen über die physikalischen Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine.
- Erlernen des digitalen Menschmodells Ramsis durch eigenständige praktische Anwendung auf Fragestellungen ergonomischer Produktgestaltung.
- Detailliertes Verständnis ergonomischer Analyse- und Bewertungsverfahren und deren selbständige Anwendung an praktischen Beispielen.

Inhalt

Grundlagen ergonomischer Maßauslegung

- Die Studierenden erhalten einen Überblick über Historie und Stand der Technik digitaler Menschmodelle.
- Sie erlernen die Grundlagen der physikalischen Ergonomie (Körpermaße und Körperkräfte) und deren Anwendung in der Produktgestaltung, insbesondere der Fahrzeugauslegung.

Digitales Menschmodell Ramsis

- Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Programmbedienung.
- Sie beeinflussen Körpermaße der digitalen Manikins und erzeugen Nutzerpopulationen.

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden werden in die Lage versetzt Manikins selbständig zu positionieren und plausible Körperhaltungen zu berechnen. • Sie lernen geometrische und visuelle Analysen bzgl. Haltung, Erreichbarkeiten, Freigänge etc. durchzuführen und zu interpretieren. <p>Anwendungsbeispiel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Als durchgängiges Anwendungsbeispiel dient die ergonomische Auslegung eines Fahrzeugs. |
| Literatur |
| <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> |
| Leistungsnachweis |
| <p>Schriftliche Prüfung in Kombination mit Rechneranteil von 120 Minuten Dauer. Keine Hilfsmittel erlaubt.</p> |
| Verwendbarkeit |
| <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> |
| Dauer und Häufigkeit |
| <p>Das Modul dauert 1 Trimester und beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.</p> |
| Sonstige Bemerkungen |
| <p>Die Teilnehmerzahl ist auf 10 begrenzt.</p> |

| Modulname | Modulnummer |
|---------------------|-------------|
| Reverse Engineering | 3819 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 6 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|--|
| <p>Von den Studierenden werden Kenntnisse in der maschinennahen Programmierung vorausgesetzt, wie sie z.B. in der gleichnamigen Bachelor-Veranstaltung vermittelt werden.</p> <p>Grundlagen von Betriebssystemen, wie sie z.B. in der Bachelorvorlesung Einführung in Betriebssysteme vermittelt werden.</p> |

| Qualifikationsziele |
|--|
| <p>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.</p> |

| Inhalt |
|---|
| <p>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.</p> <p>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</p> |

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 |
|----------------------------------|-------------|
| Statische Programmanalyse | 3838 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 7 |

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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 7 |

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 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 3 |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|--|
| Mittleres Sprachleistungsniveau (vergleichbar mit SLP-Stufe 3332 bzw. CEFR-Stufe B1-B2) |
| Qualifikationsziele |
| # Erhöhung der sprachlichen Korrektheit, Flüssigkeit und Sicherheit im Umgang mit technischen Themen in Wort und Schrift |
| # Verbesserung des Lese- und Hörverständnisses von technischen Texten und Vorträgen |
| # Erweiterung des Fachwortschatzes im Bereich CAE |
| Inhalt |
| <ul style="list-style-type: none"> • Präsentationen, Diskussionen und Debatten über die Anwendung von Computer-Aided Engineering in verschiedenen Branchen (Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Elektronik, Energie und Umwelt, Schifffahrt, Gesundheitswesen usw.) • Beschreibung von einfachen und komplexen Maschinen und Prozessen • Simulation von Kolloquien, der Darstellung von Projektvorhaben und Teambesprechungen zu technischen Themen • Erstellung von technischen Texten und Anweisungen in schriftlicher Form • Schulung des Lese- und Hörverständnisses von technischen Texten und Vorträgen • Grammatik- und Wortschatztraining |
| Leistungsnachweis |
| Die Art des Leistungsnachweises wird mit Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben (sP-90 bzw. mP-20-30 sowie ein Midterm-Leistungsnachweis sind möglich). |
| Verwendbarkeit |
| Dieser Kurs richtet sich an Studierende, die im technischen Umfeld auf globaler Ebene effektiver kommunizieren möchten. |

| |
|---|
| Dauer und Häufigkeit |
| Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. |
| Sonstige Bemerkungen |
| Zur Erlangung der Lernziele ist eine regelmäßige und aktive Unterrichtsteilnahme unerlässlich. Die Teilnehmerzahl ist auf 6-14 begrenzt. |

| Modulname | Modulnummer |
|---|-------------|
| Offensive Sicherheitsüberprüfungen | 5523 |

| | |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 |
|-------|------------------------------|

| 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 |
| Summe (Pflicht und Wahlpflicht) | | | | 9 |

| 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.

Leistungsnachweis

Notenschein

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1-2 Trimester.

| Modulname | Modulnummer |
|--------------|-------------|
| Masterarbeit | 1443 |

| | |
|-------|-------------------------|
| Konto | Masterarbeit - CAE 2022 |
|-------|-------------------------|

| 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 |
|---|
| <p>Die Masterarbeit kann frühestens im Frühjahrstrimester im zweiten Studienjahr begonnen werden.</p> <p>Aufgabenspezifische Voraussetzungen werden durch den Aufgabensteller definiert und mit dem Kandidaten abgesprochen.</p> |
| Qualifikationsziele |
| <p>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.</p> <p>Instrumentale Kompetenzziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Systematische Kompetenzziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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">• 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. |
| Inhalt |
| <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">• Auffinden und Analysieren der für das Arbeitsthema geeigneten Fachliteratur• Vergleich, Auswahl und Einsatz geeigneter Lösungsmethoden• Gegebenenfalls Planung, Durchführung und Dokumentation von Experimenten• Gegebenenfalls Konzeption und Durchführung von Berechnungen, Entwicklung von Programmen oder Konstruktion und Auslegung von Bauteilen• Kritische Bewertung der Ergebnisse• Erstellen der schriftlichen Arbeit und gegebenenfalls einer mündlichen Präsentation. <p>Die Problemstellung der Masterarbeit soll sich von der in der Bachelorarbeit bearbeiteten Problemstellung signifikant unterscheiden.</p> |
| Leistungsnachweis |
| Wissenschaftliche Ausarbeitung. |
| Dauer und Häufigkeit |
| 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 |
|---------------------------------------|-------------|
| Seminar studium plus, Training | 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>studium plus-Seminare:</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>studium plus-Trainings:</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 |
| Kurzbeschreibung: |

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 |
|----|------|------------|---|----------------------|-----------|
| | | 7 | Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2022 | | 12 |
| 1 | 1 | 1420 | Höhere Mathematik | T. Sturm | 7 |
| 1 | 1 | 1421 | Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung | J. Böttcher | 5 |
| | | 8 | Rechnergestützte Produktentstehung - CAE 2022 | | |
| | | 8a | Rechnergestützte Produktentstehung: PFL-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 2 | 2 | 1422 | CAx- Technologien | V. Nedeljkovic-Groha | 10 |
| | | 8b | Rechnergestützte Produktentstehung: Aufbau-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 2 | 3 | 1423 | Methoden in der Produktentwicklung | P. Höfer | 5 |
| 3 | 1 | 1424 | Produkt- und Innovationsmanagement | P. Höfer | 5 |
| | | 9 | Computational Engineering - CAE 2022 | | |
| | | 9a | Computational Engineering: PFL-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 2 | 2 | 1426 | Strukturberechnung I | R. Späth | 5 |
| 3 | 3 | 3692 | Numerische Strömungsberechnung | S. Lecheler | 5 |
| | | 9b | Computational Engineering: Aufbau-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 2 | 3 | 1425 | Materialmodelle und Numerik | M. Johlitz | 5 |
| 3 | 4 | 1427 | Strukturberechnung II | A. Lion | 5 |
| | | 10 | Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2022 | | |
| | | 10a | Simulations- und Versuchstechnik: PFL-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 2 | 2 | 1429 | Experimentiertechnik | S. Lecheler | 5 |
| 2 | 2 | 1432 | Prozesssimulation | F. Faßbender | 5 |
| | | 10b | Simulations- und Versuchstechnik: Aufbau-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 3 | 3 | 1430 | Digitale Signalverarbeitung | G. Staude | 5 |
| 2 | 3 | 1431 | Fahrzeugdynamik | A. Lion | 5 |
| | | 11 | Electronic Design Automation - CAE 2022 | | |
| | | 11a | Electronic Design Automation: PFL-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 2 | 2 | 3658 | Electronic Design Automation I | M. Heinitz | 5 |
| 2 | 2 | 3659 | Electronic Design Automation II | F. Englberger | 5 |
| | | 11b | Electronic Design Automation: Aufbau-Module - CAE 20121 | | 10 |
| 3 | 3 | 2801 (FH) | Digitaler Schaltungsentwurf | M. Korb | 5 |
| 1 | 1 | 6059 | Integrierte Schaltungen | L. Maurer | 5 |
| | | 12 | Wireless Communications - CAE 2022 | | |
| | | 12a | Wireless Communications: PFL-Module CAE 2021 | | 10 |
| 3 | 2 | 1438 | Kanal- und Quellencodierung | K. Graf | 5 |
| 3 | 3 | 3660 | Funkübertragungssysteme | S. Lindenmeier | 5 |

| | | | | | |
|---|---|------------|--|--------------------|-----------|
| | | 12b | Wireless Communications: Aufbau-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 2 | 2 | 1436 | Transmission Techniques for Wireless Channels | E. Riederer | 5 |
| 2 | 3 | 1437 | Robuste Übertragungsverfahren | A. Knopp | 5 |
| 3 | 3 | 3697 | Adaptive Übertragung und Signalverarbeitung | A. Knopp | 5 |
| | | 13 | Autonome Intelligente Systeme - CAE 2022 | | |
| | | 13a | Autonome Intelligente Systeme: PFL-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 2 | 2 | 3661 | Kognitive Systeme | N. Oswald | 5 |
| 2 | 2 | 3662 | Robotersysteme | A. Gieraths | 5 |
| | | 13b | Autonome Intelligente Systeme: Aufbau-Module - CAE 2021 | | 10 |
| 3 | 3 | 3693 | Robotik-Praxis | F. Englberger | 5 |
| 3 | 1 | 3694 | Algorithmische Geometrie | M. Minas | 5 |
| 3 | 3 | 3696 | Deep Learning | N. Oswald | 5 |
| | | 14 | Wahlpflichtmodule - CAE 2022 | | 9 |
| 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 | 1065HAW | FVW- Strukturen | P. Höfer | 5 |
| 3 | 1 | 1066 | Gasdynamik | C. Kähler | 5 |
| 4 | 2 | 1068 | Leichtbaustrukturen | P. Höfer | 5 |
| 4 | 2 | 1072HAW | Messmethoden in der Strömungsmechanik | C. Kähler | 5 |
| 2 | 3 | 1075 | Moderne Methoden der Regelungstechnik | G. Reißig | 5 |
| 2 | 3 | 1076HAW | Moderne Strukturwerkstoffe | P. Höfer | 5 |
| 3 | 1 | 1077HAW | Nichtgleichgewichts -Thermodynamik | C. Mundt | 5 |
| 4 | 2 | 1078 | Numerische Mathematik | M. Klein | 5 |
| 4 | 2 | 1080 | Prozessrechentchnik | H. Wünsche | 5 |
| 3 | 4 | 1081HAW | Raumfahrtantriebe | C. Mundt | 5 |
| 3 | 1 | 1082 | Regelungstechnik | F. Svaricek | 5 |
| 3 | 1 | 1086HAW | Satellitensysteme | R. Förstner | 5 |
| 2 | 3 | 1087HAW | Sensortechnik | H. Wünsche | 5 |
| 3 | 1 | 1088HAW | Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen | E. Jäggle | 5 |
| 2 | 3 | 1089HAW | Strukturdynamik | P. Höfer | 5 |
| 2 | 3 | 1090HAW | 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 | P. Höfer | 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 |
| | 4 | 1639 | Datenschutz | A. Wacker | 3 |
| | 4 | 1640 | Identitätsmanagement | D. Pöhn | 3 |
| | 3 | 1641 | Schutz von kritischen Infrastrukturen | U. Lechner | 3 |
| 3 | 0 | 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 | 3685CAE | 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 |
| | | 15 | Masterarbeit - CAE 2022 | | 24 |
| 4 | | 1443 | Masterarbeit | R. Späth | 24 |
| | | 99MA | Verpflichtendes Begleitstudium plus | | 5 |
| | 0 | 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 |
| | 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 |
| 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 | 14241 | Produkt- und Innovationsmanagement | Vorlesung | Pf | 4 |
| 1 | 14242 | Produkt- und Innovationsmanagement | Übung | Pf | 2 |
| 2 | 10681 | Leichtbaustrukturen | Vorlesung/Übung | Pf | 4 |
| 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 | 10741 | Methoden in der Produktentwicklung | Vorlesung | Pf | 4 |
| 3 | 10742 | Methoden in der Produktentwicklung | 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 | 4 |
| 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 | 12532 | Übertragungssicherheit | Vorlesung/Übung | Pf | 3 |
| 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 | 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 | 14371 | Übertragung statistischer Signale | Vorlesung | 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 | 28011 | Digitaler Schaltungsentwurf | Vorlesung/Übung | Pf | 5 |
| 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 | 36971 | Array Processing | Vorlesung/Übung | Pf | 3 |
| 3 | 36972 | Adaptive und iterative Strategien | Vorlesung/Übung | Pf | 2 |
| 3 | 37831 | Rechnergestützte Ergonomiesimulation mit Ramsis | Vorlesung/Übung | Pf | 3 |
| 3 | 38192 | Reverse Engineering | Praktikum | Pf | 4 |
| 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 | 4 |
| 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 |
| 4 | 55041 | Datenschutz | Vorlesung/Übung | Pf | 3 |

Epilog

Erläuterungen

Abkürzungsverzeichnis – Lehrformen

| | |
|-----------|--|
| BA | Bachelorarbeit |
| EX | Exkursion |
| FS | Fallstudie |
| IP | Industriepraktikum |
| KO | Kolloquium |
| KS | Kolloquium, Seminar |
| MA | Masterarbeit |
| PA | Praktikum/Auslandsstudium |
| PK | Praktikum |
| PP | Plenspiel |
| PR | Projekt |
| PS | Studienprojekt/Seminar |
| SA | Studienarbeit |
| SB | Seminar und Übung |
| SC | Summerschool |
| SE | Seminar |
| SP | Studienprojekt |
| SR | Studienprojekt/Vorlesung |
| SS | Praktikum, Summer School |
| SU | Seminaristischer Unterricht |
| SV | Vorlesung, Seminaristischer Unterricht, Seminar |
| SX | Seminar, Exkursion |
| SY | Seminar, Übung, Exkursion |
| SZ | Studienprojekt, Exkursion |
| TR | Training |
| UE | Übung |
| US | Seminar, Studienprojekt, Übung |
| VE | Vorlesung, Seminaristischer Unterricht, Seminar, Exkursion |
| VL | Vorlesung |
| VO | Vorlesung, Seminar, Übung |
| VP | Vorlesung und Praktikum |
| VR | Vorlesung, Seminar, Projekt |
| VS | Vorlesung und Seminar |
| VU | Veranstaltung, Praktikum, Übung |
| VÜ | Veranstaltung und Übung |
| VX | Vorlesung, Seminar, Übung, Exkursion |

