

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

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

**Modulhandbuch des Studiengangs**

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

**an der  
Universität der Bundeswehr München**

**(Version 2018)**

# Inhaltsverzeichnis

## **Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2018**

|      |   |   |
|------|---|---|
| 1420 | Höhere Mathematik.....                                    | 5 |
| 1421 | Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung..... | 7 |

## **Rechnergestützte Produktentstehung - CAE 2018**

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1422 | CAX- Technologien.....                  | 9  |
| 1423 | Methoden in der Produktentwicklung..... | 13 |
| 1424 | Produkt- und Innovationsmanagement..... | 16 |

## **Computational Engineering - CAE 2018**

|      |                                  |    |
|------|----------------------------------|----|
| 1425 | Materialmodelle und Numerik..... | 18 |
| 1426 | Strukturberechnung I.....        | 20 |
| 1427 | Strukturberechnung II.....       | 22 |
| 1428 | Strömungsberechnung.....         | 25 |

## **Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2018**

|      |                                  |    |
|------|----------------------------------|----|
| 1429 | Experimentaltechnik.....         | 27 |
| 1430 | Digitale Signalverarbeitung..... | 29 |
| 1431 | Fahrzeugdynamik.....             | 31 |
| 1432 | Prozesssimulation.....           | 34 |

## **Electronic Design Automation - CAE 2018**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1433 | Einführung EDA / Technologie integrierter Schaltungen..... | 37 |
| 1434 | System on a Chip.....                                      | 39 |
| 1435 | Simulationstechnik, VLSI und Schaltungssimulation.....     | 41 |

## **Wireless Communications - CAE 2018**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1436 | Transmission Techniques for Wireless Channels..... | 43 |
| 1437 | Robuste Übertragungsverfahren.....                 | 45 |
| 1438 | Kanal- und Quellencodierung.....                   | 47 |
| 1439 | Informationsübertragungssysteme.....               | 49 |

## **Autonome Intelligente Systeme - CAE 2018**

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1440 | Semantische Technologien.....             | 52 |
| 1441 | Grundlagen sensomotorischer Systeme.....  | 54 |
| 1442 | Algorithmische Geometrie und Robotik..... | 56 |

## **Wahlpflichtmodule - CAE 2018**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1048 | Aerothermodynamik.....                   | 59 |
| 1053 | Computational Fluid Dynamics.....        | 61 |
| 1054 | Dynamik und Regelung von Satelliten..... | 63 |
| 1065 | FVW- Strukturen.....                     | 65 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 1066 | Gasdynamik.....  | 67  |
| 1068 | Leichtbaustrukturen.....   | 69  |
| 1072 | Messmethoden in der Strömungsmechanik.....                               | 71  |
| 1075 | Moderne Methoden der Regelungstechnik.....                               | 73  |
| 1076 | Moderne Strukturwerkstoffe.....  | 75  |
| 1077 | Nichtgleichgewichts -Thermodynamik.....                                  | 77  |
| 1078 | Numerische Mathematik.....   | 79  |
| 1080 | Prozessrechentechnik.....  | 81  |
| 1081 | Raumfahrtantriebe.....   | 83  |
| 1082 | Regelungstechnik.....  | 85  |
| 1086 | Satellitensysteme.....   | 87  |
| 1087 | Sensortechnik.....   | 89  |
| 1088 | Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen.....              | 91  |
| 1089 | Strukturdynamik.....   | 93  |
| 1090 | Wärme- und Stofftransport.....   | 95  |
| 1091 | Weltraumphysik.....  | 97  |
| 1109 | Algorithmen und Datenstrukturen in C++.....                              | 99  |
| 1110 | Statistische Qualitätssicherung.....                                     | 100 |
| 1111 | Versuchsplanung.....   | 102 |
| 1154 | Einführung in die Klebtechnik.....                                       | 104 |
| 1156 | Entwicklung von Geschäftsmodellen.....                                   | 106 |
| 1160 | Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik.....                       | 108 |
| 1168 | Integrierte Anwendungssysteme im Produkt Lifecycle Management CAE...     | 110 |
| 1170 | Projektmanagement CAE.....   | 112 |
| 1171 | Prozessmanagement und Engineering Standards.....                         | 114 |
| 1191 | Maschinendynamik.....  | 116 |
| 1290 | Antennentechnik und EMV in der Kommunikationstechnik.....                | 118 |
| 1389 | Rechnergestützte Layoutverfahren.....                                    | 121 |
| 1410 | Verteilte Internetanwendungen.....                                       | 122 |
| 1411 | Simulation technischer Prozesse.....                                     | 124 |
| 1423 | Methoden in der Produktentwicklung.....                                  | 126 |
| 1430 | Digitale Signalverarbeitung.....   | 129 |
| 1444 | Studienarbeit.....   | 131 |
| 1445 | Graphische Benutzeroberflächen.....                                      | 133 |
| 1447 | Ballistik.....   | 134 |
| 1448 | Schiffsmodellversuchswesen.....  | 136 |
| 1449 | Schwingbruchgefährdete Bauteile sicher dimensionieren und betreiben..... | 138 |
| 1452 | Praktikum Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen.....           | 140 |
| 1456 | Technisches Fachenglisch 2 für Maschinenbau.....                         | 141 |
| 1458 | Rechnernetze.....  | 143 |
| 1459 | Netz- und Systemmanagement.....  | 145 |

|   |  |            |
|---|--|------------|
| 1460  | Mobile Kommunikationssysteme.....        | 147        |
| 1466  | Schadenskunde.....                       | 149        |
| 1467  | Moderne Datenbanksysteme.....            | 151        |
| 1494  | Prozesssimulation.....                   | 152        |
| 1495  | Praxis der Kraftfahrzeugaerodynamik..... | 154        |
| 1509  | Wirksystemtechnologien.....              | 156        |
| 1529  | Simulation.....                          | 158        |
| 3445  | Terabit Space Communications.....        | 160        |
| 3460  | Deep Learning.....                       | 163        |
| 3503  | Festigkeitsauslegung mit FEM.....        | 165        |
| <b>Masterarbeit - CAE 2018</b>                              |  |            |
| 1443  | Masterarbeit.....                        | 167        |
| <b>Verpflichtendes Begleitstudium plus</b>                  |  |            |
| 1008  | Seminar studium plus, Training.....      | 169        |
| <b>Übersicht des Studiengangs: Konten und Module.....</b>   |  | <b>172</b> |
| <b>Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen.....</b> |  | <b>175</b> |
| <b>Epilog.....</b>  |  | <b>178</b> |

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

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| Konto | Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|-------------------------------------|

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

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

## Empfohlene Voraussetzungen

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

## Qualifikationsziele

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

## Inhalt

## 1. Fortgeschrittene mathematische Methoden:

- Folgen und Reihen
- Potenzreihen
- Fourierreihen
- Fouriertransformation und Laplacetransformation

## 2. Angewandte Mathematik für das Engineering

- Gewöhnliche Differentialgleichungen
- Differentialgleichungssysteme
- Ausgewählte partielle Differentialgleichungen
- Numerische Lösungsverfahren für Differentialgleichungssysteme

## 3. Stochastik

- Wahrscheinlichkeitstheorie
- Statistik

### Leistungsnachweis

sP-120

### Verwendbarkeit

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

### Dauer und Häufigkeit

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

| Modulname   | Modulnummer |
|---|-------------|
| <b>Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung</b> | 1421        |

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| Konto | Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|-------------------------------------|

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

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

## Empfohlene Voraussetzungen

- 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 |
|--------------------------|-------------|
| <b>CAx- Technologien</b> | 1422        |

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Rechnergestützte Produktentstehung - CAE 2018 |
|-------|---|

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

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

## Empfohlene Voraussetzungen

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

## Qualifikationsziele

- Vertiefung der Kompetenz und Kenntnisse über die wichtigsten Funktionen mächtiger parametrischer 3D-CAD-Systeme. Hier Erzeugen und Editieren von Bauteilen mit gewölbten Konturen mit Hilfe der Volumenmodellierung und der Flächenmodellierung
- Vertiefte Kenntnisse über die organisatorischen und informationstechnischen Grundlagen einer schnelleren und besseren Entwicklung von Produkten und Prozessen
- Kompetenz und Kenntnisse im Prozess der technischen Auftragsabwicklung
- Vertiefte Kenntnisse der einzelnen rechnergestützten Hilfsmittel der technischen Auftragsabwicklung, insbesondere in der Produktionsplanung, als Voraussetzung für die Fähigkeit, diese erfolgreich anzuwenden und weiterzuentwickeln
- Vertiefte Kenntnisse der innovativen Möglichkeiten zur Herstellung von physischen Prototypen und Werkzeugen für Prototypen-Serien und Vorserien sowie zur Entwicklung schneller und reaktionsfähiger Produktionsprozesse in Theorie und Praxis (Additive Fertigung)
- Praktische Erfahrungen in additiver Fertigung

| Inhalt  |
|---|
| <h2>1. CAD/Rechnerintegrierte Produktion</h2>   |
| <h3>1.1 CAD (SÜ)</h3>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Vertiefung der Fähigkeit zur Anwendung rechnergestützter Vorgehensweise bei der Ausführung von Konstruktionen nach funktionellen, technisch wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Gesichtspunkten</li><li>- Vertiefung der Kenntnisse der Einsatzmöglichkeiten und Grenzen mächtiger parametrischer 3D-CAD-Programme</li><li>- Entwerfen, Gestalten, Detaillieren, Erstellen und Ändern bzw. Editieren von Bauteilen mit gewölbten Konturen mit Hilfe der Volumenmodellierung und der Flächenmodellierung</li><li>- Seminarübung in Kleingruppen im Rechnerpool</li></ul> |
| <h3>1.2 Rechnerintegrierte Produktion:</h3>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Strategie der rechnerintegrierten Produktion</li><li>- verschiedene rechnergestützte Werkzeuge entlang der Auftragsabwicklung und deren Integration</li><li>* Systeme zur Steuerung, Koordination und Überwachung von Produktionsabläufen (CAM)</li><li>* Systeme zur Produkt- und Prozessdatenverarbeitung (CAD, CAE, PDM, CAP)</li><li>* Systeme zur Auftragsdatenverarbeitung (ERP/PPS, Simulation, SCM, unternehmensübergreifende Auftragsabwicklung)</li><li>- Einführung der rechnerintegrierten Produktion</li></ul>   |
| <h2>2. Integrierte Produktionsplanung</h2>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- PPS-Systeme (Daten, Funktionen, Verfahren der Fertigungssteuerung, Einführung)</li><li>- Systeme zur Arbeitsplanung (Arbeits-/Prüfplanerstellung, Programmierung, Simulation)</li><li>- Systeme zur Arbeitsstättenplanung (Layoutplanung, Arbeitsplatzgestaltung, digitale Fabrik)</li><li>- Systeme zur Produktionslogistik/Materialflusssimulation</li></ul>  |
| <p>In Übungen und Gruppenarbeit wird der Vorlesungsstoff durch Bearbeitung von praxisorientierten Aufgabenstellungen angewandt und vertieft.</p>  |
| <h2>3. Rapid Prototyping</h2>   |

- Begriffe der Rapid Technologien
- Grundlagen der additiven Fertigungsverfahren
- Verschiedene kommerzialisierte und momentan in der Entwicklung befindliche additive Fertigungsverfahren und deren Vor- und Nachteile
- Rapid Prototyping (Anforderungen, Einsatz in der Produktentwicklung, Konstruieren für die 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
- Rapid Manufacturing
- Wirtschaftliche Aspekte

#### 4. CAx-Praktikum

Die Inhalte der drei Vorlesungen werden in Gruppenarbeit anhand der praktischen Beispiele angewandt und vertieft:

- Planspiel zu Verfahren der Fertigungssteuerung
- rechnergestützte Erstellung von NC-Programmen zur Herstellung eines Werkstücks als Frästeil
- Vorbereitung 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

#### 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 |
|---|-------------|
| <b>Methoden in der Produktentwicklung</b> | 1423        |

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Rechnergestützte Produktentstehung - CAE 2018 |
|-------|---|

| Modulverantwortliche/r                | Modultyp | Empf. Trimester |
|---------------------------------------|----------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kristin Paetzold | 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        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                    |           | <b>6</b> |

| Qualifikationsziele  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermittlung von Kenntnissen über Grundlagen der Entwicklungsmethodiken in den Ingenieurwissenschaften</li> <li>• Erlernen einer methodischen, zielgerichteten Arbeitsweise zur Entwicklung technischer Systeme</li> <li>• Neben der Vorstellung der Methoden werden Kenntnisse über geeignete Hilfsmittel und Werkzeuge zur Lösungsfindung bereitgestellt, die anhand praxisnaher Beispiele angewendet werden</li> <li>• Die Lehrveranstaltung soll einen Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten der Rechnerunterstützung in der Produktentwicklung und deren Grenzen aufzeigen</li> </ul>   |
| Inhalt   |
| <p>Allgemeine Betrachtung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation; Bedeutung und Aufgabenfelder der Produktentwicklung</li> <li>• Einordnung der Produktentwicklung in Markt/Unternehmen/Gesellschaft</li> <li>• Systemtheoretische Ansätze zur Beschreibung technischer Systeme</li> <li>• Integrierte Produktentwicklung</li> </ul> <p>Prozessgestaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strukturierung von Entwicklungsprozessen: operative und strategische Vorgehensmodelle</li> <li>• Prozessgestaltung für interdisziplinäre Entwicklungsaufgaben</li> <li>• Darstellung der Phasen und Beschreibung der typischen Handlungen im Produktentwicklungsprozess an einem Beispiel</li> </ul> |

### 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

- 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

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.

Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des 1. Quartals.

Für die Prüfung darf eine einseitig selbstständig handbeschriebene DIN A4-Seite zur Unterstützung verwendet werden.

Die zweite Wiederholungsprüfung kann seitens des Dozenten als mündliche Prüfung (Dauer: 30 Minuten) abgehalten werden.

**Verwendbarkeit**

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.

**Dauer und Häufigkeit**

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

| Modulname                                 | Modulnummer |
|---|-------------|
| <b>Produkt- und Innovationsmanagement</b> | 1424        |

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Rechnergestützte Produktentstehung - CAE 2018 |
|-------|---|

| Modulverantwortliche/r                | Modultyp | Empf. Trimester |
|---------------------------------------|----------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kristin Paetzold | Pflicht  | 3               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname                 | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|------------------------------------|-----------|----------|
| 12031                                  | VÜ  | Produkt- und Innovationsmanagement | Pflicht   | 4        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                    |           | <b>6</b> |

| Qualifikationsziele  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viele Studenten des Studiengangs werden im Verlauf ihrer Karriere Projektleiter oder Manager in der Produktentwicklung oder der Forschung. Dieses Modul soll ein Verständnis für die spezifischen Herausforderungen und Aufgaben im Entwicklungsmanagement vermitteln, die sie dazu befähigen, Projekte und Organisationsbereiche erfolgreich zu leiten.</li> <li>• Studenten verstehen die unterschiedlichen Tätigkeitsschwerpunkte im Produktmanagement und in der Prozessgestaltung, können diese für unterschiedliche Organisationsformen interpretieren und entsprechend der gesellschaftlichen und marktwirtschaftlichen Situation bewerten.</li> <li>• Sie erlernen ein breites Methodenspektrum, um Situationen im Entwicklungsmanagement einschätzen und adäquat agieren zu können.</li> <li>• Sie erhalten damit die Basis, um neue Erfahrungen und Wissen aus der Praxis einzuordnen.</li> </ul> |
| Inhalt   |
| <p><b>Vorlesungsinhalte:</b></p> <p>Motivation und Einführung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einordnung des Entwicklungsmanagements in Unternehmensaktivitäten</li> <li>• Analyse der Randbedingungen aus Markt und Gesellschaft</li> </ul> <p>Betrachtungen zum Produktmanagement</p>   |



- Inhalte, Herausforderung und Methoden zum Technologiemanagement, Innovationsmanagement und Variantenmanagement zur strategischen und operativen Gestaltung des Produktportfolios
- Typische Probleme und methodische Unterstützung zur Entscheidungsfindung

#### Betrachtungen zur Prozessgestaltung

- Notwendigkeit und Aufgaben des Prozessmanagements
- Überlegungen zur Gestaltung von Entwicklungsprozessen sowie assoziierter Prozesse zum Anforderungsmanagement, Änderungsmanagement und Freigabeprozesse
- Vorstellung von Methoden zur Prozessoptimierung
- Inhalte, Notwendigkeit und Methoden zum Wissensmanagement, Qualitätsmanagement und Controlling von Entwicklungsprozessen

#### 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. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des 2. Quartals.

Für die Prüfung darf eine einseitig selbstbeschriebene 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 Methodik 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 |
|------------------------------------|-------------|
| <b>Materialmodelle und Numerik</b> | 1425        |

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| Konto | Computational Engineering - CAE 2018 |
|-------|--------------------------------------|

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

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Grundlagen der Technischen Mechanik und Freude am experimentellen Arbeiten.  |
| Qualifikationsziele  |
| <p>Die Studierenden erlernen die wichtigsten Grundlagen der experimentellen Mechanik und der Materialmodellierung. Hierzu gehören auf der experimentellen Seite das selbstständige Einrichten, Durchführen und Auswerten von diversen Experimenten zur Materialcharakterisierung. Auf der theoretischen Seite werden sie mit den Methoden der Materialmodellierung sowie der Umsetzung dieser Gleichungen im Rahmen moderner Simulations-Software vertraut gemacht. Das Verbindungsglied zwischen Theorie und Praxis bildet die Parameteridentifikation. Diese Lehrveranstaltung bildet die Grundlage für Masterarbeiten auf dem Gebiet der experimentellen Mechanik und Materialmodellierung und ist eine gute Vorbereitung der angehenden Ingenieurinnen und Ingenieure auf das Berufsleben in großen industriellen Einrichtungen.</p> <p>Im Fach Computernumerik werden numerische Lösungen von Standardproblemen mit der leicht zu erlernenden Programmiersprache Python umgesetzt. Neben einer kurzen Einführung in die Sprache wird zunächst ein Überblick über die klassischen Fragen numerischer Lösungen gegeben, wie Fehlerabschätzungen, Umsetzung der Rechnerarithmetik mit begrenzten Genauigkeiten und die Umsetzung geeigneter Abbruchbedingungen. Daneben werden die Grundlagen moderner Rechnerarchitekturen und entsprechender Hardwareoptimierungen vorgestellt. Das Erlernete wird im Praktikum in der Programmiersprache Python mit geeigneten Datenstrukturen und Algorithmen umgesetzt.</p> |
| Inhalt   |
| <p>Experimentelle Mechanik und Materialmodellierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung und Einteilung der Materialklassen</li> </ul>  |

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung, Durchführung und Auswertung von Experimenten (Zugversuch, Scherversuch, Kompressionsversuch, Thermisch-mechanische Analyse)</li> <li>• Grundlagen der Materialmodellierung (Elastizität, Viskoelastizität, Plastizität und Schädigung)</li> <li>• Numerische Umsetzung der Materialgleichungen</li> <li>• Identifikation von eingeführten Modellparametern</li> <li>• Simulation und Verifikation von Modellen anhand von Experimenten</li> </ul> <p>Computernumerik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellbildung und numerische Lösungen</li> <li>• Fehlerbegriff und Genauigkeit</li> <li>• Validierung numerischer Lösungen und Softwarefehler</li> <li>• Hardwarevoraussetzungen und -optimierungen (Prozessorarchitekturen, Speichersysteme, Leistungsbewertungen)</li> <li>• Datentypen, Datenstrukturen und grundlegende Algorithmen</li> <li>• Softwareoptimierungen durch Compiler und effiziente Algorithmen</li> <li>• Parallelisierbarkeit von Algorithmen</li> <li>• Abbruchkriterien, Genauigkeits- und Fehlerabschätzungen</li> <li>• Umsetzung von Verfahren in der Programmiersprache Python (lineare Gleichungssysteme, schwach besetzte Systeme)</li> </ul> |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| mP-30  |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Masterarbeiten auf dem Gebiet der experimentellen Mechanik, der Materialmodellierung sowie der numerischen Simulation im Rahmen von Matlab und der Finite Elemente Berechnung.   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| Das Modul dauert ein Trimester und wird im Herbsttrimester angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.   |

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

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| Konto | Computational Engineering - CAE 2018 |
|-------|--------------------------------------|

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

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 148             | 72                 | 76                   | 5           |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|--------------------|-----------|----------|
| 14261                                  | VL  | Grundlagen der FEM | Pflicht   | 3        |
| 14262                                  | P   | FEM-Praktikum      | Pflicht   | 3        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                    |           | <b>6</b> |

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

- Fähigkeit zur Erstellung eines FE-Modells basierend auf den geforderten Zielsetzungen für lineare elastostatische und elastodynamische Aufgabenstellungen
- Verständnis für den richtigen Einsatz der diversen Elementtypen
- 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)
- Sensibilisierung für typische Fehler bei Anwendung von FEM-Programmen
- Überblick über kommerzielle Programmsysteme für die FEM-Berechnung.

#### 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 strukturmechanische - 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

|   |
|---|
| <p>und elastodynamischen Problemen (Stab-, Balken-, Platten-, Schalen- und Volumenelemente).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Genauigkeit von linearen, quadratischen und höherwertigen Elementen</li> <li>• Randbedingungen: Einspannungen, Lasteinleitung sowie Symmetrierandbedingungen</li> <li>• Integratives Konzept im Entwicklungsprozess (CAD + FEM + MKS). Modifikation und Vereinfachung von CAD-Geometriedaten</li> <li>• Betriebsfestigkeitsauslegung mittels FEM</li> <li>• Ähnlichkeitsmechanik</li> </ul> <p><b>„FEM-Praktikum“</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung und Simulation/Berechnung von praktischen Anwendungsbeispielen unter Verwendung des Programms „Altair Hypermesh“</li> <li>• Kriterien für die Beurteilung eines FE-Netzes. Verifikation von FE-Ergebnissen</li> <li>• Finden von typischen Fehlern in FEM-Modellen</li> <li>• Einsatzgebiete von kommerziellen Softwaresystemen für das Pre- und Postprocessing sowie des Solvers.</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  |
| <p>Klein, B.:<br/>FEM, Grundlagen und Anwendungen der Finite-Elemente-Methode; Vieweg-Verlag<br/>Deger, Y.:<br/>Die Methode der Finiten Elemente, Grundlagen und Einsatz in der Praxis; Expert-Verlag<br/>Silber, G.; Steinwender, F.:<br/>Bauteilberechnung und Optimierung mit der FEM - Materialtheorie, Anwendungen, Beispiele; Teubner-Verlag<br/>Stelzmann, U., u. a.:<br/>FEM für Praktiker - Band 2: Strukturmechanik; Expert-Verlag<br/>Thieme, D.:<br/>Einführung in die Finite Elemente Methode; Shaker-Verlag</p>   |
| <b>Leistungsnachweis</b>  |
| <p>sP-120<br/>Die zweite Wiederholungsprüfung kann seitens des Dozenten als mündliche Prüfung (Dauer: 30 Minuten) abgehalten werden.</p>  |
| <b>Verwendbarkeit</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voraussetzung für das Modul „Strukturberechnung II“</li> <li>• Anwendung der FEM-Methode zur Lösung von linearen strukturmechanischen Aufgabenstellungen wie sie beispielsweise im Leichtbau auftreten.</li> </ul>   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>   |
| <p>Das Modul dauert ein Trimester und wird im Herbsttrimester angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.</p>   |

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

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| Konto | Computational Engineering - CAE 2018 |
|-------|--------------------------------------|

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

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 148             | 60                 | 88                   | 5           |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname                   | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|--------------------------------------|-----------|----------|
| 11942                                  | P   | Rechnerpraktikum Nichtlineare FEM    | Pflicht   | 1        |
| 14271                                  | VL  | Nichtlineare FEM                     | Pflicht   | 2        |
| 14273                                  | VL  | Einführung in die Kontinuumsmechanik | Pflicht   | 2        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                      |           | <b>5</b> |

#### Empfohlene Voraussetzungen

Die Studierenden benötigen Kenntnisse aus der Technischen Mechanik und den CE-Modulen Materialmodelle und Numerik und Strukturberechnung I.

#### Qualifikationsziele

Im Fach Nichtlineare FEM gewinnen die Studierenden die Fähigkeit, strukturmechanische Analysen mittels der Finite-Elemente-Methode auch im geometrisch und physikalisch nichtlinearen Bereich mittels kommerzieller Routinen durchzuführen und auszuwerten. Wesentliches Qualifikationsziel ist dabei die Identifikation vorliegender Nichtlinearitäten sowie die Anwendung von geeigneten kontinuumsmechanischen Modellen und numerischen Lösungsverfahren.

Im Fach Einführung in die Kontinuumsmechanik erlernen die Studierenden die wichtigsten mathematischen und physikalischen Grundlagen der Kontinuumsmechanik und Materialmodellierung bei großen Verformungen. Sie erlernen moderne Methoden, um Nichtlinearitäten in der Geometrie und im Werkstoffverhalten zu beschreiben. Ein wesentliches Qualifikationsziel ist das Erlangen von theoretischem Wissen, um den Umgang mit nichtlinearen Finite Elemente Programmen zu erleichtern. Diese Lehrveranstaltung bildet die Grundlage für Masterarbeiten auf dem Gebiet der Materialmodellierung.

#### Inhalt

Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Theorie nichtlinearer Finite-Elemente-Analysen sowie in die Kontinuumsmechanik

Nichtlineare FEM:

- Klassifizierung von Nichtlinearitäten
- Lösungsverfahren für nichtlineare Probleme (inkrementelle/iterative Verfahren, Newton-Raphson Methode)

- Kontaktprobleme (Penalty-Methode, Lagrange-Verfahren, inkrementelle Algorithmen, Reibung, Kontaktkörper/Kontaktpaare)
  - Physikalische Nichtlinearität 1: Plastizität (Einführung in die klassische Plastizitätstheorie, Beispielrechnung, Return-Mapping Algorithmus)
  - Physikalische Nichtlinearität 2: Viskoelastizität (Einführung in die lineare Viskoelastizitätstheorie, Spannungsrelaxation, Kriechen, Übertragung von Versuchswerten)
  - Geometrische Nichtlinearität 1: (Kinematik bei großen Deformationen, Verzerrungs- und Spannungsmaße, Hyperelastizität)
  - Geometrische Nichtlinearität 2: (Arbeitsprinzip, Linearisierung, FE-Implementierung)
  - Explizite Zeitintegration bei kurzzeitdynamischen Belastungen, Besonderheiten explizit dynamischer FEM
- Einführung in die Kontinuumsmechanik:
- Grundlagen zur Beschreibung großer Deformationen: Konfiguration und Bewegung
  - Deformationsgradient, nichtlineare Verzerrungstensoren und -geschwindigkeiten
  - Spannungstensoren bei großen Verformungen
  - Geometrische Linearisierung
  - Bilanzgleichungen der Kontinuumsmechanik und -thermomechanik
  - Inkompressibles Materialverhalten
  - Materialmodell der Gummielastizität

#### Literatur

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

Bathe: Finite Elemente Methoden. Springer-Verlag

Belytschko: Nonlinear Finite Element Analysis for Continua and Structures. John Wiley

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

Crisfield: Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures. John Wiley

NAFEMS: Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis. NAFEMS Publishing

Simo, und Hughes: Computational Inelasticity. Springer-Verlag

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

Zienkiewicz und Taylor: The Finite Element Method. Butterworth-Heinemann, Jordan Hill

##### **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 |
|----------------------------|-------------|
| <b>Strömungsberechnung</b> | 1428        |

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| Konto | Computational Engineering - CAE 2018 |
|-------|--------------------------------------|

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

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 148             | 48                 | 100                  | 5           |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname             | Teilnahme | TWS |
|--|-----|--------------------------------|-----------|-----|
| 14281                                  | VL  | Numerische Strömungsberechnung | Pflicht   | 2   |
| 14282                                  | UE  | Numerische Strömungsberechnung | Pflicht   | 2   |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                |           | 4   |

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Die Studierenden benötigen Kenntnisse aus der Ingenieurmathematik, der Strömungsmechanik, der Thermodynamik und der Wärmeübertragung.  |
| Qualifikationsziele  |
| <p>Instrumentelle Kompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Verständnis der Grundlagen der numerischen Strömungsberechnung und ihrer Begriffe</li> </ul> <p>Systematische Kompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Bedienung von kommerziellen Strömungsberechnungsprogrammen inkl. Geometrie- und Rechenetzgerzeugung, Pre- und Postprocessing</li> <li>• Die Bewertung ihrer Einsatzbereiche anhand von Validierungsrechnungen durch den Vergleich mit Ergebnissen aus der Theorie, anderen Rechnungen und Messungen</li> <li>• Die Darstellung und Bewertung der Rechenergebnisse.</li> </ul> <p>Kommunikative Kompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit, mit Kollegen über die Vorgehensweise bei der numerischen Strömungsberechnung und die Bewertung der Ergebnisse zu diskutieren.</li> </ul> |
| 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 |
|---------------------|-------------|
| Experimentaltechnik | 1429        |

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2018 |
|-------|---|

| 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        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                     |           | <b>7</b> |

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

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.

Kommunikative Kompetenz:

- Fähigkeit zur Diskussion der experimentaltechnischen Inhalte mit Kollegen.

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

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

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2018 |
|-------|---|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse in Mathematik, Statistik und Systemtheorie
- Grundkenntnisse im Umgang mit MATLAB sind von Vorteil, können aber bei Bedarf in einer optionalen Lerneinheit erworben oder aufgefrischt werden

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen nach der Lehrveranstaltung Digitale Signalverarbeitung folgende Kernkompetenzen erworben haben:

- Verständnis der mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften
- Sicherer Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich
- Grundkenntnisse in der Analyse des Ein-/Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich
- Fähigkeit zur Beurteilung von zeitdiskreten Signalverarbeitungssystemen hinsichtlich sicherheitskritischer Aspekte wie Stabilität und Robustheit

#### Inhalt

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.

In der Lehrveranstaltung "Digitale Signalverarbeitung" werden folgende Themen behandelt:

- 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
- Die theoretischen Inhalte werden anhand praktischer Übungen unter Nutzung der MATLAB-Umgebung in den PC-Pools des Rechenzentrums veranschaulicht.

#### Literatur

- 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

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.  
Die zweite Wiederholungsprüfung wird grundsätzlich als mündliche Prüfung abgehalten.

#### Dauer und Häufigkeit

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

| Modulname              | Modulnummer |
|------------------------|-------------|
| <b>Fahrzeugdynamik</b> | 1431        |

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2018 |
|-------|---|

| 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 |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
|                 | 84                 | 66                   | 5           |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Höhere Mathematik, Technische Mechanik, Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung.  |
| Qualifikationsziele  |
| Die Studierenden erlernen die grundlegenden Methoden und Begriffe der klassischen Fahrzeugdynamik um Sinne des Vertikal-, Querund 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 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 Fahr- zeugdynamik. Teubner Verlag, 1998.

- Mitschke M., Wallentowitz H.: Dynamik der Kraftfahrzeuge. Springer Verlag, 2004.
- Schramm D., Hiller M., Bardini R.: Modellbildung und Simulation der Dynamik von Kraftfahrzeugen. Springer Verlag, 2010.
- Dresig, H, Holzweißig, F: Maschinendynamik, Springer Verlag 2011
- Kuttner, T: Praxiswissen Schwingungsmesstechnik, Springer Vieweg 2015
- Mühlbauer, K.: Mechanische Umwelt- und Strukturtests, Expert Verlag Renningen 2009
- Ullrich, P.: Fahrzeugversuch, Expert Verlag Renningen 2009

#### 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 |
|-------------------|-------------|
| Prozesssimulation | 1432        |

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2018 |
|-------|---|

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

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h)            | Selbststudium in (h)          | ECTS-Punkte |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|
| 150             | 60 (14321)<br>bzw. 72 (14322) | 90 (14321)<br>bzw. 78 (14322) | 5           |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname              | Teilnahme   | TWS      |
|--|-----|---------------------------------|-------------|----------|
| 14321                                  | VÜ  | Prozesssimulation               | Wahlpflicht | 5        |
| 14322                                  | VÜ  | Simulation technischer Prozesse | Wahlpflicht | 6        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                 |             | <b>6</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Höheren Mathematik</li> <li>• Kenntnisse der Technischen Mechanik</li> </ul> <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 &amp; 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 |
|---|-------------|
| Einführung EDA / Technologie integrierter Schaltungen | 1433        |

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Electronic Design Automation - CAE 2018 |
|-------|---|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname                             | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|--|-----------|----------|
| 14331                                  | VL  | Einführung in die Electronic Design Automation | Pflicht   | 2        |
| 14332                                  | UE  | Einführung in die Electronic Design Automation | Pflicht   | 1        |
| 14333                                  | VL  | Technologie integrierter Schaltungen           | Pflicht   | 4        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |  |           | <b>7</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über elektronische Bauelemente</li> <li>• Kenntnisse über Datenstrukturen und Algorithmen</li> </ul> |

| Qualifikationsziele   |
|---|
| <p>1. Einführung in die Electronic Design Automation (EDA):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• Die Studierenden erlangen die Fähigkeit zur Einschätzung und Bewertung von EDA-Werkzeugen (Software).</li> </ul> <p>2. Technologie integrierter Schaltungen:<br/>Die Studierenden erhalten grundlegende theoretische Kenntnisse sowie praktische Einblicke in die Herstellungsverfahren zur Herstellung integrierter Schaltungen. Dabei wird besonders eingegangen auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau und physikalische Funktion wichtiger Halbleiterbauelemente</li> <li>• Grundmaterialien der Halbleitertechnik</li> <li>• Prozessschritte und Prozessführung der einzelnen Herstellungsschritte</li> <li>• Integration zu einem Gesamtprozess</li> <li>• Kenntnis und Verständnis der wichtigsten Produkte</li> <li>• Grundkonzepte der integrierten Schaltungstechnik</li> </ul> |

|   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrielles Umfeld der Halbleiterfertigung (Reinraumtechnik)</li> <li>• Produkt- und Innovationszyklen</li> <li>• Einfluss der Skalierungsproblematik auf die IC-Herstellung</li> </ul>  |
| <b>Inhalt</b>   |
| <p>1. Einführung in die Electronic Design Automation (EDA):<br/>In diesem Modul erhalten die Studierenden 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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick über den System- und IC-Entwurf</li> <li>• Entwurfsebenen</li> <li>• Entwurststile</li> <li>• Entwurfswerkzeuge und Entwurfseingabe</li> <li>• Werkzeuge für den funktionellen und physikalischen Entwurf von digitalen und analogen Schaltungen</li> <li>• Das Modul vermittelt die Methodenkompetenz zur Lösung grundlegender Fragestellungen auf dem Gebiet Electronic Design Automation.</li> </ul> <p>2. Technologie integrierter Schaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermittlung von Kenntnissen über Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen.</li> <li>• Geschichte der Mikroelektronik; Grundmaterialien der Mikroelektronik; Schicht-, Dotier- und Ätztechnik; Analytische Verfahren, Lithografie; Reinräume</li> <li>• Prozessintegration und Gesamtprozesse (CMOS, BiCMOS, DRAM; NVRAM)</li> <li>• Zukunftsperspektiven</li> </ul> |
| <b>Leistungsnachweis</b>  |
| <p>sP-120 oder mP-30.<br/>Die Art der Prüfung wird am Anfang des Moduls festgelegt und bekanntgegeben.</p>  |
| <b>Verwendbarkeit</b>   |
| <p>Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Electronic Design Automation.<br/>Die Module der ingenieurwissenschaftlichen Vertiefung EDA erfordern Grundlagenkenntnisse aus diesem Modul.</p>   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Modul dauert 1 Trimester.</li> <li>• Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.</li> <li>• Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.</li> </ul>  |

| Modulname               | Modulnummer |
|-------------------------|-------------|
| <b>System on a Chip</b> | 1434        |

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Electronic Design Automation - CAE 2018 |
|-------|---|

| Modulverantwortliche/r  | Modultyp | Empf. Trimester |
|---|----------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Englberger<br>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      |
|--|-----|--------------------|-----------|----------|
| 14341                                  | VSÜ | System on a Chip   | Pflicht   | 5        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                    |           | <b>5</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Die Studierenden benötigen folgende Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programmiersprache C</li> <li>• Aufbau und hardwarenahe Programmierung von Mikroprozessoren Wünschenswert sind Kenntnisse in einer Hardwarebeschreibungs-sprache, insbesondere VHDL.</li> </ul>   |
| Qualifikationsziele  |
| Die Studierenden gewinnen die Fähigkeit, ein Hardware/Software Codesign auf einem FPGA durchzuführen.  |
| Inhalt   |
| Die Studierenden erhalten grundlegende Kenntnisse zur Implementierung von komplexen digitalen Systemen in einem FPGA (Altera Quartus/NIOS). Im Praktikum wird ein SoC-Projekt durchgeführt. Es werden folgende Themengebiete behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in ein SoC-Entwicklungssystem (Altera Quartus II und NIOS II)</li> <li>• Integration von Prozessoren (NIOS - Softcore)</li> <li>• Integration von Speicher und Peripheriebausteinen</li> <li>• Hardware/Software Codesign (Hardware in VHDL und Software in C)</li> <li>• Erstellen und Test von Applikationen auf einem NIOS Prozessor unter Nutzung eines Real Time Betriebssystems (RTX)</li> </ul> |
| Leistungsnachweis  |
| Studienarbeit, wobei die Note des Fachs durch bis zu 8 bewertete Meilensteine gebildet wird.   |
| Verwendbarkeit   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Electronic Design Automation.</li> <li>• Systementwurf anwendungsorientierter integrierter Schaltungen</li> </ul>   |

|  |
|--|
|  |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Das Modul dauert 1 Trimester.</li><li>• Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.</li><li>• Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.</li></ul> |



| Modulname  | Modulnummer |
|--|-------------|
| <b>Simulationstechnik, VLSI und Schaltungssimulation</b> | 1435        |

|       |   |
|-------|---|
| Konto | Electronic Design Automation - CAE 2018 |
|-------|---|

| Modulverantwortliche/r        | Modultyp | Empf. Trimester |
|-------------------------------|----------|-----------------|
| Dr.-Ing. (habil) Rainer Kraus | Pflicht  | 3               |

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 300             | 120                | 180                  | 10          |

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname      | Teilnahme | TWS |
|--|-----|-------------------------|-----------|-----|
| 12461                                  | VÜ  | Integrierte Schaltungen | Pflicht   | 4   |
| 14352                                  | VL  | Schaltungssimulation    | Pflicht   | 2   |
| 14353                                  | P   | Schaltungssimulation    | Pflicht   | 4   |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                         |           | 10  |

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Vorkenntnisse im Bereich grundlegender Schaltungen und der Bauelemente.  |
| Qualifikationsziele  |
| Die Vorlesung gibt einen Einblick in die Grundlagen der integrierten Schaltungen und ihres Entwurfs. Die Studierenden gewinnen zudem durch das Praktikum die Fähigkeit, mit Hilfe eines Simulationsprogramms auch aufwendige Schaltungen durch Simulation zu entwickeln und zu dimensionieren sowie ihre Funktionsfähigkeit zu verifizieren.   |
| Inhalt   |
| <p>1. Integrierte Schaltungen (Vorlesung):<br/>Nach einer kurzen Einführung in die elektrischen Entwurfsregeln werden anhand des Inverters die Vor- und Nachteile der verschiedenen MOS-Technologien unter besonderer Berücksichtigung des Leistungsverbrauchs und der Schaltgeschwindigkeit diskutiert. Als nächstes folgen Treiber- und Eingangsschaltungen. Danach werden Schaltnetze und Schaltwerke erläutert. Der Entwurf von statischen und dynamischen Schaltnetzen mit seinen Auswirkungen auf das Layout, den Leistungsverbrauch und die Schaltgeschwindigkeit wird besprochen. Es werden logische Felder zusammen mit den gängigen Dekodertypen vorgestellt. Zur Datenspeicherung werden verschiedene Flip-Flop-Typen eingeführt. Die Vorlesung schließt mit einer kurzen Betrachtung analoger Schaltungen ab.</p> <p>2. Schaltungssimulation (Vorlesung):<br/>Der Schwerpunkt dieser Vorlesung liegt in der Analogtechnik und behandelt folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mathematische Methoden der Schaltungssimulation unter besonderer Berücksichtigung des Schaltungssimulators PSPICE</li> <li>- Erlernen der Grundeigenschaften analoger MOS-Schaltungen, insbesondere Verstärkerschaltungen</li> </ul> |

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Berechnungen von Eigenschaften und Kenngrößen analoger Schaltungen</li> <li>- Bandgap-Schaltungen, Mixer-Schaltungen, Oszillatorschaltungen als Beispiele für die Anwendung spezieller Simulationsmethoden</li> <li>- Einfluss des Layouts auf analoge Schaltungen, Mismatch</li> <li>- Zukünftige analoge Schaltungen, Probleme und Lösungen</li> <li>- Modellparameter</li> </ul> <p>3. Schaltungssimulation (Praktikum):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung in das Simulationsprogramm PSPICE</li> <li>- Analyse ausgewählter digitaler Schaltungen, welche in der Vorlesung „Integrierte Schaltungen“ besprochen wurden, mit Hilfe der Schaltungssimulation auf Transistorebene</li> <li>- Dimensionierung der Transistoren</li> <li>- Untersuchung von Schaltverhalten, Schaltzeiten, Leistungsverbrauch</li> <li>- Analyse der Eigenschaften analoger MOS-Schaltungen, insbesondere Verstärkerschaltungen</li> <li>- Kleinsignalersatzschaltbild, AC-Analyse</li> <li>- OTA, ein OpAmp für Kondensator-Last</li> <li>- Miller Operationsverstärker, ein OpAmp für Widerstandslast</li> <li>- Überprüfen von Berechnungen aus der Vorlesung „Schaltungssimulation“ mit PSPICE-Simulationen</li> <li>- Weitere Analysearten von PSPICE:<br/>Temperatur, Rauschen, Fourier, Monte-Carlo, Worst-Case, Sensitivity, Parameter, Stress, Optimizer</li> <li>- Layouterstellung</li> <li>- Simulation zukünftiger analoger CMOS-Schaltungen mit Pre-Silicon MOS</li> </ul> |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| <p>Schriftliche Prüfung mit 120 Minuten oder mündliche Prüfung mit 40 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.<br/>Die zweite Wiederholungsprüfung kann seitens des Dozenten als mündliche Prüfung abgehalten werden.</p>   |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| <p>Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Electronic Design Automation. Gute Grundlage für Master-Arbeiten im Bereich des Schaltungsentwurfs.</p>   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Modul dauert 1 Trimester.</li> <li>• Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.</li> <li>• Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.</li> </ul>   |

| Modulname                                     | Modulnummer |
|---|-------------|
| Transmission Techniques for Wireless Channels | 1436        |

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| Konto | Wireless Communications - CAE 2018 |
|-------|------------------------------------|

| Modulverantwortliche/r   | Modultyp | Empf. Trimester |
|--|----------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Erwin Riederer<br>Prof. Dr.-Ing. Petra Weitkemper | Pflicht  | 2               |

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

## Empfohlene Voraussetzungen

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

## Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick zu den typischen Eigenschaften von Funkkanälen und an diese Kanalbedingungen angepassten Übertragungstechniken. Die Befähigung funkbasierte Übertragungsverfahren zu beschreiben, vergleichen und beurteilen wird erlangt. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur Berechnung von Kenngrößen und können die Dimensionierung von praktischen Realisierungsbeispielen nachvollziehen.

## Inhalt

Die Studierenden erhalten grundlegende theoretische Kenntnisse sowie praxisnahe Beispiele in den Fachgebieten

- Physikalische und statistische Modellierung des Funkkanals
- Techniken zur zuverlässigen Kommunikation über zeit- und frequenzselektive Funkkanäle
- Moderne und an die Kanalbedingungen angepasste Übertragungsverfahren
- Realisierungsbeispiele aktueller Kommunikationssysteme

|   |
|---|
| <b>Leistungsnachweis</b>  |
| sP-90   |
| <b>Verwendbarkeit</b>   |
| Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Wireless Communications. Die erworbenen Kenntnisse können als Grundlage für theoretische und praktische Arbeiten mit Bezug zu modernen Funkkommunikationssystemen verwendet werden. |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>   |
| Das Modul dauert ein Trimester und wird im Herbsttrimester des 2. Studienjahres angeboten. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.   |

| Modulname                            | Modulnummer |
|--------------------------------------|-------------|
| <b>Robuste Übertragungsverfahren</b> | 1437        |

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| Konto | Wireless Communications - CAE 2018 |
|-------|------------------------------------|

| Modulverantwortliche/r  | Modultyp | Empf. Trimester |
|---|----------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp<br>Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier | Pflicht  | 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        |
| 12534                                  | UE  | Übertragungssicherheit                 | Pflicht   | 1        |
| 14371                                  | VL  | Moderne Methoden der Signalübertragung | Pflicht   | 2        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |  |           | <b>5</b> |

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Höhere Mathematik
- Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie
- Kenntnisse über Kommunikationssystemgrundlagen (wünschenswert)
- Hochfrequenztechnik und Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik
- EMV in der Kommunikationstechnik

#### Qualifikationsziele

- 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   |
|--|
| <p><b>Moderne Methoden der Signalübertragung</b><br/> Grundlagen stochastischer Signal- und Systemtheorie als Voraussetzung für die Beschreibung von Methoden und Verfahren zur Erhöhung der Übertragungssicherheit (Knopp)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zufallsprozesse in der Nachrichtentechnik und deren Beschreibung</li> <li>• Übertragung zufälliger Signale über LZI-Systeme, Autokorrelations- und Kreuzkorrelationsfunktionen, Korrelationsfilter und Anwendungen</li> <li>• Funkbasierte Übertragung zufälliger Signale, Leistungsbetrachtungen, Linkbudgets, Rauschen in Funksystemen</li> </ul> <p><b>Übertragungssicherheit</b><br/> Verbesserung der Übertragungssicherheit auf physikalischer Ebene (Lindenmeier)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beeinträchtigungen der phys. Übertragungsstrecke (Störungen, Rauschen, Fading, Jamming)</li> <li>• Elektromagnetische Koppelmechanismen, Übersprechen und Entkoppelmassnahmen</li> <li>• Schirmung und Filterung</li> <li>• Rauschquellen und Abhilfemassnahmen</li> <li>• Antennendiversity und intelligente Antennen</li> </ul> <p>Systemaspekte zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (Lankl)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sichere Übertragungskanäle und störresistente Übertragungsverfahren (Spread Spectrum)</li> <li>• Zugriffsverfahren (Raum, Zeit, Frequenz)</li> <li>• Adaptive Entzerrung und Störungskompensation</li> <li>• Eigenheiten von Modulationsverfahren</li> <li>• Mehrfachempfang nach dem Multiple Input- Multiple Output (MIMO)-Verfahren</li> </ul> |
| Leistungsnachweis  |
| sP-90 oder mP-30<br>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.<br>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 |
|-----------------------------|-------------|
| Kanal- und Quellencodierung | 1438        |

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| Konto | Wireless Communications - CAE 2018 |
|-------|------------------------------------|

| 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        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                             |           | <b>6</b> |

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

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Codeverkettung und iterative Decodierung: Interleaving, Produkt-Codes, Turbo-Codes, BMCJ-Algorithmus</li> <li>• Graphen-basierende Codes: LDPC-Codes, Gallager-Codes, Trellis-Codes</li> <li>• Quellencodierung: Redundanzreduktion, Irrelevanzreduktion, Prädiktion, arithmetische Codierung, diskrete Cosinus-Transformation, Kompressionsverfahren für Sprache, Audio und Video</li> </ul> |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| sP-90  |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Dieses Modul ist 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.   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.   |



| Modulname                       | Modulnummer |
|---------------------------------|-------------|
| Informationsübertragungssysteme | 1439        |

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| Konto | Wireless Communications - CAE 2018 |
|-------|------------------------------------|

| Modulverantwortliche/r  | Modultyp | Empf. Trimester |
|---|----------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp<br>Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier | Pflicht  | 3               |

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname                          | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|---|-----------|----------|
| 12451                                  | VÜ  | Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik | Pflicht   | 3        |
| 12452                                  | UE  | Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik | Pflicht   | 1        |
| 14391                                  | VL  | Parameterschätzung und Synchronisation      | Pflicht   | 3        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |   |           | <b>6</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Mathematik</li> <li>• Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie</li> <li>• Kenntnisse über Kommunikationssystemgrundlagen (wünschenswert)</li> <li>• Kenntnisse in Hochfrequenztechnik</li> <li>• Kenntnisse in Antennentechnik (wünschenswert)</li> </ul> |

| Qualifikationsziele   |
|---|
| <p>Der Student / die Studentin</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennt die Bedeutung der Synchronisation für den Entwurf von Übertragungssystemen</li> <li>• kann nachrichtentechnischen Schätzprobleme und damit zusammenhängende Lösungsansätze klassifizieren</li> <li>• kennt die wesentlichen Anwendungsgebiete der Parameterschätzung sowie die damit einher gehenden Schätzprobleme in der Informationstechnik</li> <li>• kennt die Cramer-Rao-Grenze als entscheidende theoretische Grenze zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Schätzalgorithmen sowie deren Berechnungssystematik</li> <li>• kennt verschiedene Methoden und Verfahren der Parameterschätzung und Synchronisation und kann ihre Vor- und Nachteile in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit und den praktischen Aufwand einordnen</li> <li>• kennt typische Beispiele praktisch relevanter Synchronisationsverfahren für wesentliche Synchronisationsaufgaben in praktischen Systemen und für unterschiedliche Modulationsverfahren (Träger- und Taktsynchronisation)</li> </ul> |

- erwirbt grundlegende Kenntnisse über die Wirkungsweise und die wesentlichen Einflussgrößen von Phasenregelschleifen (PLLs).
- verfügt über Grundkenntnisse zum Aufbau von Mobilfunksystemen
- verfügt über Grundkenntnisse zum Aufbau von Systemen der Funkortung und der Radartechnik
- verfügt über Detailkenntnisse zum Aufbau von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen
- verfügt über Detailkenntnisse über die physikalische Übertragungsebene, Funkübertragung mit Mehrwege-Ausbreitung und Übertragungsleitungen, Mehrantennensysteme

### Inhalt

- Schätzung nachrichtentechnischer Parameter mit Schwerpunkt der Sender-Empfänger-Synchronisation (Knopp)
- Grundlagen der Parameterschätzung und Synchronisation im AWGN Kanal
  - Signalmodell und statistische Beschreibung von Signalen und Signalparametern
  - Klassifizierung von Schätzverfahren und Schätzern: Pilotsymbol-basierte Schätzung, entscheidungsgestützte Schätzung, Feedforward / Feedback Strukturen
  - Bedeutung, Berechnung und Interpretation der Cramer-Rao-Grenze als theoretisches Vergleichsmaß zur Einordnung der Leistungsfähigkeit von Schätzern
  - Darstellung der wesentlichen Synchronisationsaufgaben in Übertragungssystemen (Träger / Takt, Frequenz und Phase, Kanalschätzung)
  - Beispielhafte Schätzverfahren für die unterschiedlichen Synchronisationsparameter in Abhängigkeit des Modulationsverfahrens (PSK, QAM): Darstellung der Verfahren, Beurteilung der Leistungsfähigkeit, Analyse des praktischen Aufwands
  - Einführung zu Phasenregelschleifen zur Nachregelung von Parameterabweichungen in der Synchronisation: Funktionsweise, Stellgrößen, Performancekriterien
  - Exkurs über weitere Schätzprobleme und -algorithmen: Einfallswinkelschätzung und Schätzung von Signalparametern mit Hilfe von parametrischen (Subspace) Algorithmen bzw. SOCS-Algorithmen (z.B. ESPRIT, Nonlinear Least Squares) oder mit Hilfe von nicht-parametrischen Verfahren (z.B. Periodogramm oder Beamforming Methoden)
  - Exkurs zur Kanalschätzung im flachen und frequenzselektiven Kanal einschließlich der Maximum-Likelihood-Kanalschätzung
  - Unterstützung der Vorlesung mit Simulationen in MATLAB, die teilweise von den Studenten auch selbst zu erstellen sind / erstellt werden können
- Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik (Lindenmeier)
- 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
  - Strahlschwenkung, Single Input Multiple Output (SIMO) und Multiple Input Multiple Output (MIMO)-Übertragungstrecken

|   |
|---|
| <b>Leistungsnachweis</b>  |
| sP-90 oder mP-30<br>Die Art der Prüfung wird am Anfang des Moduls festgelegt und bekannt gegeben.   |
| <b>Verwendbarkeit</b>   |
| Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs Computer Aided Engineering zur Vertiefung Wireless Communications. Die erworbenen Kenntnisse können als Grundlage für theoretische und praktische Arbeiten mit Bezug zu modernen Funkkommunikationssystemen verwendet werden. |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>   |
| Das Modul dauert ein Trimester und als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester des zweiten Studienjahres vorgesehen. Das Modul wird pro Studienjahr einmal angeboten.  |

| Modulname                       | Modulnummer |
|---------------------------------|-------------|
| <b>Semantische Technologien</b> | 1440        |

|       |  |
|-------|--|
| Konto | Autonome Intelligente Systeme - CAE 2018 |
|-------|--|

| 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      |
|--|-----|--------------------------|-----------|----------|
| 14401                                  | VÜ  | Semantische Technologien | Pflicht   | 4        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                          |           | <b>4</b> |

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

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

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

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

Autonome intelligente Systeme - Roboter und/ oder Computerprogramme - zeichnen sich durch die Fähigkeiten aus, sich in einer dynamischen Umgebung zurechtzufinden, auftretende Probleme selbständig zu lösen und zielgerichtet zu handeln. Dazu benötigen sie kognitive Fähigkeiten zur Wahrnehmung, um Entscheidungen zu treffen, Aktionen zu planen oder um zu lernen.

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

Das Modul "Semantische Technologien" 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

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 kann seitens des Dozenten als mündliche Prüfung abgehalten werden.

#### Verwendbarkeit

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

Gute Grundlage für Masterarbeiten im Bereich „Künstliche Intelligenz“.

#### Dauer und Häufigkeit

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

| Modulname                                  | Modulnummer |
|--|-------------|
| <b>Grundlagen sensomotorischer Systeme</b> | 1441        |

|       |  |
|-------|--|
| Konto | Autonome Intelligente Systeme - CAE 2018 |
|-------|--|

| Modulverantwortliche/r  | Modultyp | Empf. Trimester |
|---|----------|-----------------|
| Prof. Dr. rer. nat. Andrea Baumann<br>Prof. Dr. rer. nat. Harald Görl | Pflicht  | 2               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|--------------------|-----------|----------|
| 14411                                  | VL  | Sensorik           | Pflicht   | 3        |
| 14412                                  | VL  | Robotersysteme     | Pflicht   | 2        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                    |           | <b>5</b> |

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

| Qualifikationsziele   |
|---|
| Grundlagen der sensomotorischen Systeme, kennenlernen der Bandbreite unterschiedlicher Sensorsysteme und gängiger Anwendungsfelder. Überblick über verschiedene Gelenktypen eines Roboters und deren Einsatz zur (Fort-)Bewegung des Roboters. Einblick in die Roboterkinematik und -dynamik. |

| Inhalt   |
|--|
| <p>1. Sensorik:<br/>Aufbau und Technologie moderner Sensoren, Anwendungen und digitale Weiterverarbeitung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Allgemeine Eigenschaften und Klassifikation unterschiedlicher Sensorsysteme</li> <li>- Einfache Sensoren</li> <li>- Sensorsysteme zur Erfassung der Größen Geschwindigkeit, Drehrate und Gyrosensoren,</li> </ul> <p>(digitaler) Kompass, Position (Abstand), Bildgebende Sensorik (Stand- und Bewegungsbilder)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensorverbünde in ubiquitären Systemen</li> <li>- Digitale Weiterverarbeitung der Rohdaten und Messgenauigkeiten und -ungenauigkeiten</li> </ul> <p>2. Robotersysteme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung mit Historie</li> <li>- Grundbegriffe, Teilsysteme eines Roboters, Gelenktypen</li> <li>- Roboterkinematik (Vorwärts- und Rückwärtsrechnung, Konfigurationsraum)</li> <li>- Roboterdynamik</li> <li>- Möglichkeiten der Programmierung von Robotern</li> <li>- Besonderheiten mobiler Robotersysteme</li> </ul> |

**Leistungsnachweis**

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

**Dauer und Häufigkeit**

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

| Modulname                                   | Modulnummer |
|---|-------------|
| <b>Algorithmische Geometrie und Robotik</b> | 1442        |

|       |  |
|-------|--|
| Konto | Autonome Intelligente Systeme - CAE 2018 |
|-------|--|

| Modulverantwortliche/r   | Modultyp | Empf. Trimester |
|--|----------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Englberger<br>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mark Minas | Pflicht  | 3               |

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 300             | 120                | 180                  | 10          |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname       | Teilnahme | TWS |
|--|-----|--------------------------|-----------|-----|
| 11951                                  | VÜ  | Algorithmische Geometrie | Pflicht   | 5   |
| 14423                                  | VSÜ | Robotik                  | Pflicht   | 5   |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                          |           | 10  |

#### Empfohlene Voraussetzungen

For the part "Computational Geometry", basic knowledge of elementary mathematics and analytical geometry as well as knowledge of basic data structures and algorithms are required, as they are taught in the corresponding introductory modules. The following literature can serve as preparation:

- 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

##### 1. Algorithmische Geometrie:

In the part "Computational Geometry", students learn efficient solution methods for basic geometric problems as they occur in a variety of application areas (e.g. computer graphics and image processing, robotics, CAD/CAM, geographic information systems, combinatorial optimization). This enables students to identify such problems in practice, weigh up different solution methods and select and implement the most efficient ones.

##### 2. Robotik:



|   |
|---|
| Die Studierenden erwerben die Fähigkeit im Rahmen eines Projekts in Teamarbeit eine vorgegebene Aufgabe aus der Robotik zu planen und eigenständig in einer Wettbewerbssituation lösen.   |
| <b>Inhalt</b>   |
| <p>Die Studierenden erhalten grundlegende theoretische Kenntnisse sowie praxisnahe Beispiele in den Fachgebieten</p> <p>Students acquire basic theoretical knowledge and practical examples in the following subject areas.</p> <p>1. Computational Geometry:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problems of analytical geometry (e.g. intersections of geometric objects)</li> <li>- Computing of continuous curves and surfaces from point sets (e.g. convex hulls)</li> <li>- Search in geometric spaces (e.g. determining of shortest robot paths)</li> <li>- Segmentation and sorting of objects (e.g. triangulations and multidimensional trees)</li> <li>- Linear optimization (e.g. incremental linear programming)</li> </ul> <p>2. Robotik:</p> <p>Im Rahmen eines Projekts sollen die in Teams eingeteilten Studierenden eine vorgegebene Aufgabe zur Steuerung eines autonom agierenden Fahrzeugs eigenständig in einer Wettbewerbssituation lösen. Die Planung der Aufgabe obliegt den Teams. Zur Lösung der Aufgabe sind die Inhalte aus den übrigen Modulen der Vertiefungsrichtung "Autonome Intelligente Systeme" heranzuziehen.</p> <p>Für die praktische Umsetzung der Aufgabe ist ein autonom agierendes Roboterfahrzeug (Vierradfahrzeug ohne Lenkung - 4WD) zu programmieren. Zur Steuerung des Roboters wird das Framework Robot Operating System (ROS) eingesetzt. Die genaue Aufgabenstellung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.</p> <p>Um die Eigenständigkeit der Lösungen nicht zu beschränken, erfolgt die Auswahl der benötigten Sensoren und die Auswahl und Konfiguration der ROS-Applikationen weitgehend durch die Studierenden. Auch die Vorgehensweise bei der Programmierung liegt in der Verantwortung der Studierenden.</p> |
| <b>Leistungsnachweis</b>  |
| 1. Algorithmische Geometrie: mP-30; sP-60 (6 ECTS-LP).  |

|  |
|--|
| 2. Robotik: Studienarbeit, wobei die Note des Fachs durch bis zu 8 bewertete Meilensteine gebildet wird (4 ECTS-LP).   |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Dieses Modul gehört innerhalb des Master-Studiengangs "Computer Aided Engineering" zur Vertiefung "Autonome Intelligente Systeme".   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Das Modul dauert 1 Trimester.</li><li>• Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.</li><li>• Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im zweiten Studienjahr vorgesehen.</li></ul>  |
| <b>Sonstige Bemerkungen</b>  |
| Die Lehrveranstaltung Algorithmische Geometrie wird im Wintertrimester 2019 in englischer Sprache abgehalten. Die Übungen werden in deutscher Sprache stattfinden, Vorlesungsunterlagen werden in beiden Sprachen zur Verfügung gestellt. Die abschließende Prüfung findet in deutscher Sprache statt. |

| Modulname                | Modulnummer |
|--------------------------|-------------|
| <b>Aerothermodynamik</b> | 1048        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

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

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

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

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

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

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

| Modulname                                  | Modulnummer |
|--|-------------|
| <b>Dynamik und Regelung von Satelliten</b> | 1054        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden:

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

#### Inhalt

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

Gliederung der Vorlesung:

- Einführung
- Lagekinematik

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



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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r     | Modultyp    | Empf. Trimester |
|----------------------------|-------------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Helmut Rapp | 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        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                    |           | <b>4</b> |

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

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

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

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

| Modulname         | Modulnummer |
|-------------------|-------------|
| <b>Gasdynamik</b> | 1066        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

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

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

| Modulname           | Modulnummer |
|---------------------|-------------|
| Leichtbaustrukturen | 1068        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r     | Modultyp    | Empf. Trimester |
|----------------------------|-------------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Helmut Rapp | 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        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                     |           | <b>4</b> |

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

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

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

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

## Empfohlene Voraussetzungen

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

## Qualifikationsziele

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

## Inhalt

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

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

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

#### Literatur

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

#### Leistungsnachweis

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

#### Verwendbarkeit

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

#### Dauer und Häufigkeit

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



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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r       | Modultyp    | Empf. Trimester |
|------------------------------|-------------|-----------------|
| PD Dr. habil. Gunther Reißig | Wahlpflicht | 2               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

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

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r                                       | Modultyp    | Empf. Trimester |
|--|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. , habil. rer. nat. Hans-Joachim Gudladt | 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   | 2        |
| 10762                                  | UE  | Moderne Strukturwerkstoffe | Pflicht   | 2        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                            |           | <b>4</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen |
|----------------------------|
| Bachelor-Studium           |

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

| Inhalt  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• Der zweite Teil der Vorlesung beschäftigt sich mit dem Korrosionsverhalten von metallischen und polymeren Werkstoffen im Hinblick auf Spannungsriss- und Schwingungskorrosion.</li> <li>• 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.</li> </ul> |

- Auf dem Bereich LRT abzielend, erhalten die Studenten gezielte Informationen zum Schädigungsverhalten von keramischen Werkstoffen, wobei besonders den sog. Verbundkeramiken (CMC) Aufmerksamkeit gewidmet wird. Darüber hinaus werden Strategien zur Duktilisierung von Keramiken dargestellt und ein Ausblick auf die zukünftige Materialentwicklung im Bereich LRT gegeben.

#### Literatur

- 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.

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 60 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten

#### Verwendbarkeit

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.

#### Dauer und Häufigkeit

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

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

**Verwendbarkeit**

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

**Dauer und Häufigkeit**

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

| Modulname                    | Modulnummer |
|------------------------------|-------------|
| <b>Numerische Mathematik</b> | 1078        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Grundlagen der numerischen Mathematik und der Softwareentwicklung aus dem Bachelorstudium  |
| Qualifikationsziele  |
| <p>Sehr viele Vorgänge in der Luft- und Raumfahrttechnik können durch partielle Differentialgleichungen beschrieben werden. Diese Gleichungen, in Verbindung mit komplexen Randbedingungen, können nur behandelt werden, indem man sie drastisch vereinfacht oder numerisch löst.</p> <p>Durch die Verfügbarkeit von leistungsfähigen Computern hat die numerische Lösung in den letzten Jahrzehnten in der Praxis große Bedeutung gewonnen. Das Modul "Numerische Mathematik" stellt die grundlegenden Rechentechniken für die relevanten Typen von partiellen Differentialgleichungen vor. Das Verständnis des Stoffes wird durch das eigenständige Implementieren der erlernten Algorithmen in MATLAB vertieft. Die Studenten erlernen die Fähigkeit, die kommerziellen Rechenwerkzeuge, die in der industriellen Praxis in der Regel Anwendung finden, kritisch auszuwählen und zu nutzen.</p> |
| Inhalt   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersicht über die Grundtypen von linearen partiellen Differentialgleichungen und ihre physikalische Bedeutung</li> <li>• Grundzüge der Raum-Zeit-Diskretisation partieller Differentialgleichungen: Finite Differenzenverfahren, Finite Elementeverfahren, Finite Volumenverfahren.</li> <li>• Diskussion verschiedener Typen numerischer Fehler</li> <li>• Untersuchung der Konsistenz und Stabilität von Verfahren</li> <li>• Anwendung auf praktische Beispiele: Konvektionsgleichung, Wärmeleitungsgleichung, Wellengleichung</li> <li>• Selbstständige Programmierung der erlernten Algorithmen in MATLAB</li> </ul>  |

|  |
|--|
| <b>Literatur</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• W. Dahmen und A. Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer Verlag, 2008</li><li>• G. Evans, J. Blackledge, P. Yardley: Numerical Methods for Partial Differential Equations, Springer Verlag, 2000</li><li>• J.H. Ferziger, M. Peric: Numerische Strömungsmechanik, Springer Verlag, 2007</li><li>• C. Grossmann, H.G. Roos: Numerik partieller Differentialgleichungen, Teubner-Verlag, 2005</li><li>• P. Knabner, L. Angermann: Numerik partieller Differentialgleichungen, Springer Verlag, 2000</li><li>• W.H. Press, B.P. Flannery, S.A. Teukolsky und W.T. Vetterling: Numerical Recipes in Fortran (in C, in C++, in Pascal), Cambridge University Press</li><li>• A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerische Mathematik 1 &amp; 2, Springer Verlag, 2000</li><li>• H. Schwarz: Methode der Finiten Elemente, Teubner-Verlag, 1991</li><li>• Josef Stoer, Roland Bulirsch: Numerische Mathematik 1 und 2, Springer Verlag, Berlin 1994, 1990</li></ul> |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| Schriftliche Prüfung 120 Minuten (Hilfsmittel: selbst angefertigte Mitschrift aus der Vorlesung (1x DIN A 4 beidseitig beschrieben), kein Taschenrechner) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel).  |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Das Modul kann in allen technisch orientierten Bereichen des LRT-Studiums verwendet werden.  |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| Das Modul dauert 1 Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt.   |



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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Sinnvoll sind Grundlagenkenntnisse in einer höheren Programmiersprache und in Messtechnik  |
| Qualifikationsziele  |
| <p>Die Studierenden sollen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. wissen wann und wofür ein Prozessrechner eingesetzt werden muss.</li> <li>2. die wesentlichen Grundlagen des Hardware- Aufbaus von Prozessrechnern, sowie ihrer Daten Ein-/Ausgabe verstehen.</li> <li>3. verstehen, wie ein Prozessrechner funktioniert.</li> <li>4. einen Prozessrechner programmieren können.</li> <li>5. die Anforderungen an Realzeitbetriebssysteme für die Steuerung bzw. Regelung verstehen.</li> <li>6. die wesentlichen Programmier Techniken für Realzeitsysteme kennen.</li> </ol>  |
| Inhalt   |
| <p>Die Studierenden erwerben im Modul Prozessrechentchnik das Grundwissen über den Aufbau, die Anwendung und die Bedeutung von Prozessrechnern. Warum basieren die meisten Steuergeräte für technische Prozesse nicht auf normalen Windows PCs? Was bedeutet „Echtzeitverhalten“ und welche Hard- und Software-Architekturen sind hierfür notwendig? Im Einzelnen behandelt das Modul:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der Automatisierung mit Prozessrechnern: Was sind Prozesse, technische Prozesse und Rechenprozesse. Besondere Kennzeichen von Prozessrechnern. Anforderungen industrieller Kommunikation. Typische Beispielszenarien und Anwendungsgebiete für Prozessrechner. Fragen der Zuverlässigkeit und Sicherheit.</li> <li>2. Hardware Aufbau von Prozessrechnern: Kennenlernen typischer Subsysteme und Komponenten (Prozessor, Prozessorarchitekturen, Speicher, Peripherie), Multitasking Unterstützung (Betriebsmodi, Speicherverwaltungssysteme,</li> </ol> |

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

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

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

|  |
|--|
| 3) Nach Möglichkeit werden in einer Exkursion Industriefirmen mit entsprechenden Produktionen besucht.   |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| Schriftliche Prüfung 75 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten  |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Voraussetzung für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen und angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet insbesondere von Flugkörper- und Raumfluggeräten. |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| Das Modul dauert ein Trimester, es findet im Wintertrimester des 2. Master-Studienjahres statt.  |

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r                  | Modultyp    | Empf. Trimester |
|---|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Svaricek | Wahlpflicht | 3               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

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

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

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

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

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

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

#### Literatur

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

#### Leistungsnachweis

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

#### Verwendbarkeit

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

In diesem Studiengang:

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

#### Dauer und Häufigkeit

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

| Modulname         | Modulnummer |
|-------------------|-------------|
| Satellitensysteme | 1086        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden:

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

#### Inhalt

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

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



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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden

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

#### Inhalt

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

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

- 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: Inertielle Messsysteme (IMU): Plattform und Strap-down Technologie, Gimbal-Lock, typische Fehler. Inertielle Navigationssysteme (INS); Arten der Stützung: Zero Update, Magnetfeld, GNSS (GPS): lose, enge und sehr enge Kopplung. Satelliten-Navigationssysteme 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
- Abstandgebende 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**

- 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 |
|---|-------------|
| <b>Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen</b> | 1088        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r                                       | Modultyp    | Empf. Trimester |
|--|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. , habil. rer. nat. Hans-Joachim Gudladt | Wahlpflicht | 3               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname                                     | Teilnahme | TWS |
|--|-----|--|-----------|-----|
| 10881                                  | VL  | Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen | Pflicht   | 2   |
| 10882                                  | UE  | Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen | Pflicht   | 2   |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |  |           | 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 |
|------------------------|-------------|
| <b>Strukturdynamik</b> | 1089        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r     | Modultyp    | Empf. Trimester |
|----------------------------|-------------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Helmut Rapp | 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        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                    |           | <b>4</b> |

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

Vorausgesetzt werden Kenntnisse in "Festigkeitslehre" und "Schwingungslehre"

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

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

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

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

Das Modul gliedert sich in folgende Abschnitte:

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

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

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

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

- 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 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse in Höherer Mathematik sowie in der Regelungstechnik.

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

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

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

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

| Modulname                       | Modulnummer |
|---------------------------------|-------------|
| Statistische Qualitätssicherung | 1110        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r              | Modultyp    | Empf. Trimester |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|
| Prof. Dr. rer. nat. Andreas Rudolph | Wahlpflicht | 3               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname              | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|---------------------------------|-----------|----------|
| 11101                                  | VÜ  | Statistische Qualitätssicherung | Pflicht   | 4        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                 |           | <b>4</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Ingenieurmathematik  |
| Qualifikationsziele  |
| Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, selbständig Stichprobenpläne für diverse Verteilungen auszurechnen. Je nach Situation in der Praxis kann es sinnvoll sein, mit einem konventionellen aber auch einem sequentiellen oder kostenoptimalen Stichprobenplan zu arbeiten.  |
| Inhalt   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurze Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie (Erwartungswerte, Varianzen, Dichten, Parameter in Dichten und ihre statistische Bedeutung, Schätzen von Parametern)</li> <li>• Konventionelle Stichprobenpläne (umfasst das Lemma von Neyman und Pearson und einige Derivate hiervon, die Umsetzung für die wichtigsten Dichten und die Anwendung hiervon: Qualitätsregelkarten)</li> <li>• Sequentielle Stichprobenpläne (umfasst die Wald'sche Theorie, bis hin zu trunkierten Plänen)</li> <li>• Kostenoptimale Stichprobenpläne</li> <li>• Multivariate Stichprobenpläne</li> </ul> |
| Literatur  |
| Hesse, C.: Wahrscheinlichkeitstheorie, Vieweg+Teubner(2009)<br>Lehmann, E. L.: Testing Statistical Hypotheses, Wiley(1997)<br>Storm, R.: Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle, Fachbuchverlag Leipzig - Köln(1995)<br>Uhlmann, W.: Statistische Qualitätskontrolle, Teubner(1982)  |

|  |
|--|
| Vogt, H.: Methoden der Statistischen Qualitätskontrolle, Teubner(1988)<br>Uhlmann, W.: Kostenoptimale Prüfpläne, Tabellen, Praxis und Theorie der statistischen Qualitätskontrolle Würzburg - Wien(1970)<br>v. Collani, E.: Optimale Wareneingangskontrolle, Teubner(1984)<br>Ghosh, B. K.: Sequential Tests of Statistical Hypotheses, Addison-Wesley(1970)<br>Fuchs, C. und Kennet, R. S.: Multivariate Quality Control, Marcel Dekker(1998) |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| Benötigt, schriftliche Prüfung von 90 Minuten.   |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Dieses Modul hat direkte Anwendbarkeit zum Beispiel in der Halbleiterproduktion, aber auch in jeder anderen Massenproduktion.  |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.  |

| Modulname       | Modulnummer |
|-----------------|-------------|
| Versuchsplanung | 1111        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r              | Modultyp    | Empf. Trimester |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|
| Prof. Dr. rer. nat. Andreas Rudolph | Wahlpflicht | 2               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|--------------------|-----------|----------|
| 11111                                  | VÜ  | Versuchsplanung    | Pflicht   | 4        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                    |           | <b>4</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Ingenieurmathematik.   |
| Qualifikationsziele  |
| Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, selbständig Versuchsplanung durchführen zu können. Dies bedeutet die Fähigkeit zum Aufstellen einer entsprechenden Zielfunktion, zum Schreiben dieser als lineares Modell sowie die Durchführung entsprechender Auswertungen. Sie sollen weiterhin in die Lage versetzt werden, Faktormodelle aufstellen und auswerten zu können. |
| Inhalt   |
| Regressions- und Varianzanalyse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Univariates lineares Modell</li> <li>• Multivariates lineares Modell</li> </ul> Versuchsplanung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mehrstufige Einfaktormodelle</li> <li>• mehrstufige Zweifaktormodelle</li> <li>• mehrstufige Mehrfaktormodelle</li> <li>• Blockmodelle</li> </ul>                  |
| Literatur  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seber, Linear Regression Analysis, Wiley(1972)</li> </ul>   |
| Leistungsnachweis  |
| Benotet, Klausur von 90 Minuten.   |

### Verwendbarkeit

Kenntnisse aus diesem Modul können in der Produktentwicklung und Produktinnovation verwendet werden.

### Dauer und Häufigkeit

- Das Modul dauert 1 Trimester.
- Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

**ACHTUNG:** Erstmals findet es im HT 2012 statt.

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

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

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

| Inhalt   |
|--|
| <p>Neue Technologien sind häufig an den Einsatz von Werkstoffkombinationen und damit an leistungsfähige Fügeverfahren gebunden. Um komplexe Strukturen realisieren zu können, bietet sich hier die strukturelle Klebtechnik an. Sie ist geeignet, beliebige Fügeflächenwerkstoffe hochfest zu verbinden. Weitere Vorteile sind die spannungsarme Krafteinleitung und die Tatsache, dass im Vergleich zu anderen Fügeverfahren keine Fügeflächenbeschädigung 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 Oberflächenvorbereitungsverfahren
- Physikalische und chemische Oberflächenvorbereitungsverfahren
- 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 |
|--|-------------|
| <b>Entwicklung von Geschäftsmodellen</b> | 1156        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r         | Modultyp    | Empf. Trimester |
|--------------------------------|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr. Ulrike Lechner | Wahlpflicht | 4               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname                | Teilnahme   | TWS      |
|--|-----|-----------------------------------|-------------|----------|
| 11561                                  | VÜ  | Entwicklung von Geschäftsmodellen | Wahlpflicht | 5        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                   |             | <b>5</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen  |
|---|
| Grundkenntnisse der Wirtschaftsinformatik entsprechend B.Sc. Wirtschaftsinformatik.   |
| Qualifikationsziele   |
| Die Studenten lernen Theorie und realistische Komplexität der Gestaltung von Geschäftsmodellen für technologische Innovationen kennen und erwerben Methodenkompetenz in der Entwicklung und Evaluation von Geschäftsmodellen.   |
| Inhalt  |
| <p>Entrepreneurship (Unternehmertum) befasst sich mit der Identifizierung von Markt-Chancen und Geschäftsideen und deren Umsetzung in Geschäftsmodellen und Geschäftsplänen. Die Studierenden lernen ausgewählte Teilbereiche der wissenschaftlichen Literatur zu Entrepreneurship kennen und analysieren ausgewählte Fallbeispiele.</p> <p>Die Studierenden erwerben Methodenkompetenz in der Analyse, der Gestaltung, der Evaluation von Geschäftsmodellen und von Systemen von Geschäftsmodellen. Sie lernen Methoden der Erstellung von Geschäftsplänen kennen. Die Studierenden erwerben und vertiefen dabei Kenntnisse von Modellen und Theorien elektronischer Märkte, des Innovationsmanagements, der Diffusion von Innovationen in Märkten, der Standardisierung und Regulation.</p> <p>Anhand einer ausgewählten Industrie werden an Beispielen (Systeme von) Geschäftsmodellen entwickelt und evaluiert.</p> |
| Leistungsnachweis   |
| Notenschein.  |
| Verwendbarkeit  |
| Die Wirtschaftsinformatik will Technologie wirtschaftlich sinnvoll gestalten und technologische Innovationen in einen wirtschaftlich sinnvollen Rahmen von  |

Geschäftsprozessen, Organisation und Strategie einbetten. Die Studierenden lernen hierzu Methoden kennen.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.

Das Modul wird jedes zweite Studienjahr angeboten und beginnt jeweils im Frühjahrstrimester.

Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

| Modulname                                     | Modulnummer |
|---|-------------|
| Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik | 1160        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

Erforderlich: Ingenieurmathematik & Physik aus dem Bachelorstudium

Erwünscht: Höhere Mathematik

(Fehlende Grundlagen werden nötigenfalls in der Vorlesung erarbeitet)

#### Qualifikationsziele

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

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

#### Inhalt

Kinematische Fragestellungen, z.B.

- Ballistik: Optimierung von Schuss-/Wurfprozessen unter Berücksichtigung äußerer Einflüsse (Reibung, Wind, etc)

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gedämpfter freier Fall mit Massenlagerung (Wolke/Regentropfen)</li> <li>• Physikalische Aspekte des Handy-Spiels "Angry Birds"</li> <li>• Abhebepunkt bei abschüssigen Bahnen</li> </ul> <p>Schwindungsprozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Freier Fall durch die Erde</li> <li>• Schwingungstilger in Wolkenkratzern</li> </ul> <p>Anwendung analytischer Geometrie, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimale Ausrichtung von Photovoltaikanlagen für den Heimgebrauch (Dachmontage)</li> <li>• Kettenlinie und Zykloide</li> </ul> |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| Studienarbeit (Konstruktionsarbeit)  |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Fächerübergreifend in allen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen.  |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jeweils im Wintertrimester.  |

| Modulname  | Modulnummer |
|--|-------------|
| <b>Integrierte Anwendungssysteme im Produkt Lifecycle Management CAE</b> | 1168        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

| Qualifikationsziele  |
|--|
| Das Modul bietet einen theoretisch fundierten und gleichzeitig praxisnahen Einblick in komplexe Einsatzfelder von Anwendungssystemen in produktzentrierten Wertschöpfungsketten. Die Teilnehmer erwerben die Fähigkeiten und Kenntnisse, die zur systematischen und modellbasierten Spezifikation, Entwicklung, Einführung und Anpassung integrierter Anwendungssysteme erforderlich sind. Dazu gehören das Grundverständnis der domänenspezifischen Anforderungen sowie allgemeine Grundlagen über Aufbau und Funktion der eingesetzten Standardsysteme. Den Überbau bilden die zu vermittelnden Kenntnisse und Fähigkeiten bezogen auf Modellbildung, Vorgehenssystematik, Referenzmodelle und Standards.  |
| Inhalt   |
| Im Modul Integrierte Anwendungssysteme im Product Lifecycle Management stehen industrielle, produktzentrierte Wertschöpfungsketten im Mittelpunkt der Betrachtung. Die rechnerbasierte Entwicklung und Verwaltung von komplexen Produkten und Systemen gehört bereits seit den Anfängen der Informatik zu deren wichtigsten Anwendungsfeldern. Wo der Rechner im Kontext des so genannten Computer Aided Design (CAD) ursprünglich das Zeichenbrett der Ingenieure ablöste und damit die Digitalisierung des kompletten Produktentwicklungsprozesses initiierte, gilt es heute mit Verfahren und Methoden der (Wirtschafts-) Informatik integrierte Anwendungssysteme zu konzipieren, zu entwickeln und an die sich permanent ändernden Randbedingungen von produzierenden Unternehmen anzupassen. Das Aufgabenspektrum reicht dabei von der ersten Produktidee über die Gestaltung, die Produktion, den Vertrieb bis hinein in die Betriebs- und Wartungsphase der Produkte und Systeme - das so genannte Product Lifecycle Management (PLM). Die enorme Komplexität, die mit der Bereitstellung aller Daten und Dokumente in zunehmend |

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Qualifikationsziele

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

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

#### Inhalt

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

TEIL 1: Basiswissen zur Funktionsweise eines Unternehmens

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



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

**TEIL 2: Planungsablauf und Planungsmethoden auf Basis des Projektmanagementgedankens**

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

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

**Literatur**

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

**Leistungsnachweis**

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

**Verwendbarkeit**

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

**Dauer und Häufigkeit**

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

| Modulname                                   | Modulnummer |
|---|-------------|
| Prozessmanagement und Engineering Standards | 1171        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

## Empfohlene Voraussetzungen

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

## Qualifikationsziele

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

## Inhalt

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

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

Der Industrie- und Dienstleistungsbetrieb mit seinen jeweils unterschiedlichen Ansprüchen

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

Der Prozessgedanke im Unternehmen

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

Prozessmanagement mit Engineering Standards

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

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

#### Leistungsnachweis

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

#### Verwendbarkeit

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

#### Dauer und Häufigkeit

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

| Modulname        | Modulnummer |
|------------------|-------------|
| Maschinendynamik | 1191        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

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

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

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

**Literatur**

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

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung 60 Minuten oder mündliche Prüfung 30 Minuten

**Verwendbarkeit**

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

Masterstudiums.

**Dauer und Häufigkeit**

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname               | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|----------------------------------|-----------|----------|
| 12901                                  | VÜ  | Antennentechnik                  | Pflicht   | 3        |
| 12902                                  | VÜ  | EMV in der Kommunikationstechnik | Pflicht   | 2        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                  |           | <b>5</b> |

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

| Qualifikationsziele   |
|---|
| <p>Lehrveranstaltung a):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu passiven Antennen und deren Dimensionierung,</li> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu aktiven Antennen und deren Dimensionierung,</li> <li>- Grundkenntnisse zu Rauschvorgängen und zur Bedeutung des Außenrauschens,</li> <li>- Grundkenntnisse über hochlineare rauscharme Verstärkerkonzepte,</li> <li>- Grundkenntnisse zur speziellen Problematik von Mobilfunkkommunikation.</li> </ul> <p>Lehrveranstaltung b):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu Kopplungsmechanismen bei ortsunabhängigen Spannungen und Strömen,</li> <li>- Detaillierte Kenntnisse zur Leitungs- und Strahlungskopplung,</li> <li>- Grundkenntnisse zur Strahlungsexposition,</li> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu HF-Messgeräten für die EMV,</li> <li>- Detaillierte Kenntnisse zu Maßnahmen zur Sicherstellung der EMV.</li> </ul> |

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

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



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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

| Qualifikationsziele   |
|---|
| Verständnis der Grundlagen des Layoutentwurfs und der Funktion von Algorithmen zur Layoutsynthese.  |
| Inhalt  |
| <p>Grundlagen der Layoutsynthese</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardzellen, Sea of Gates, Makrozellen</li> <li>• Zellen-Design</li> <li>• mathematische Grundlagen</li> </ul> <p>Verdrahten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstruktion von Verbindungsnetzen</li> <li>• Pfadalgorithmus, Labyrinthalgorithmus, Lee-Algorithmus</li> <li>• Channel-Routing</li> </ul> <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 |
|--------------------------------------|-------------|
| <b>Verteilte Internetanwendungen</b> | 1410        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick zu ausgewählten Internet-Technologien und erwerben die Kenntnis von Mitteln und Verfahren zum Aufbau verteilter Anwendungen. Die Befähigung die Funktionsweise verteilter Anwendungen nachzuvollziehen und zu beschreiben wird erlangt. Weiterhin erwerben sie die Fähigkeit, beispielhaft Werkzeuge anzuwenden und lernen einzelne softwaretechnische Problemstellungen kennen.

#### Inhalt

Die Studierenden erhalten grundlegende theoretische Kenntnisse anhand praxisnaher Beispiele in den Fachgebieten:

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

#### 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 |
|--|-------------|
| <b>Simulation technischer Prozesse</b> | 1411        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| 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      |
|--|-----|---------------------------------|-------------|----------|
| 14321                                  | VÜ  | Prozesssimulation               | Wahlpflicht | 5        |
| 14322                                  | VÜ  | Simulation technischer Prozesse | Wahlpflicht | 6        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                 |             | <b>5</b> |

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

|  |
|--|
|  |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| Das Modul dauert 2 Trimester.<br>Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.<br>Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen. |

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r                | Modultyp    | Empf. Trimester |
|---------------------------------------|-------------|-----------------|
| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kristin Paetzold | 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        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                    |           | <b>6</b> |

| Qualifikationsziele  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermittlung von Kenntnissen über Grundlagen der Entwicklungsmethodiken in den Ingenieurwissenschaften</li> <li>• Erlernen einer methodischen, zielgerichteten Arbeitsweise zur Entwicklung technischer Systeme</li> <li>• Neben der Vorstellung der Methoden werden Kenntnisse über geeignete Hilfsmittel und Werkzeuge zur Lösungsfindung bereitgestellt, die anhand praxisnaher Beispiele angewendet werden</li> <li>• Die Lehrveranstaltung soll einen Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten der Rechnerunterstützung in der Produktentwicklung und deren Grenzen aufzeigen</li> </ul>   |
| Inhalt   |
| <p>Allgemeine Betrachtung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation; Bedeutung und Aufgabenfelder der Produktentwicklung</li> <li>• Einordnung der Produktentwicklung in Markt/Unternehmen/Gesellschaft</li> <li>• Systemtheoretische Ansätze zur Beschreibung technischer Systeme</li> <li>• Integrierte Produktentwicklung</li> </ul> <p>Prozessgestaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strukturierung von Entwicklungsprozessen: operative und strategische Vorgehensmodelle</li> <li>• Prozessgestaltung für interdisziplinäre Entwicklungsaufgaben</li> <li>• Darstellung der Phasen und Beschreibung der typischen Handlungen im Produktentwicklungsprozess an einem Beispiel</li> </ul> |

### 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

- 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

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.

Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des 1. Quartals.

Für die Prüfung darf eine einseitig selbstständig handbeschriebene DIN A4-Seite zur Unterstützung verwendet werden.

Die zweite Wiederholungsprüfung kann seitens des Dozenten als mündliche Prüfung (Dauer: 30 Minuten) abgehalten werden.

**Verwendbarkeit**

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.

**Dauer und Häufigkeit**

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



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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse in Mathematik, Statistik und Systemtheorie
- Grundkenntnisse im Umgang mit MATLAB sind von Vorteil, können aber bei Bedarf in einer optionalen Lerneinheit erworben oder aufgefrischt werden

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen nach der Lehrveranstaltung Digitale Signalverarbeitung folgende Kernkompetenzen erworben haben:

- Verständnis der mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften
- Sicherer Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich
- Grundkenntnisse in der Analyse des Ein-/Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich
- Fähigkeit zur Beurteilung von zeitdiskreten Signalverarbeitungssystemen hinsichtlich sicherheitskritischer Aspekte wie Stabilität und Robustheit

#### Inhalt

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.

In der Lehrveranstaltung "Digitale Signalverarbeitung" werden folgende Themen behandelt:

- Grundlagen der digitalen Signaldarstellung im Zeit- und Spektralbereich (Abtasttheorem)

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• z-Transformation, Diskrete Fouriertransformation (DFT), Fast Fourier Transformation (FFT)</li><li>• Parameterdiskrete Systeme (LVI-Systeme)</li><li>• Schnelle Algorithmen der digitalen Signalverarbeitung</li><li>• Entwurf zeitdiskreter Signalverarbeitungssysteme (Filterentwurf)</li><li>• Deterministische und stochastische Signale</li><li>• Adaptive Filter</li></ul> <p>Die theoretischen Inhalte werden anhand praktischer Übungen unter Nutzung der MATLAB-Umgebung in den PC-Pools des Rechenzentrums veranschaulicht.</p> |
| <b>Literatur</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Skriptum zur Vorlesung Digitale Signalverarbeitung. UniBw München</li><li>• K.-D. Kammeyer, K. Kroschel: Digitale Signalverarbeitung. Vieweg Teubner</li><li>• V. Oppenheim, R. W. Schaffer: Digital signal processing. Prentice Hall</li></ul>  |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| <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>   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| <p>Das Modul dauert 1 Trimester.</p> <p>Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.</p> <p>Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.</p>  |

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| <b>Modulname</b>     | Modulnummer |
| <b>Studienarbeit</b> | 1444        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

|                                |             |                 |
|--------------------------------|-------------|-----------------|
| Modulverantwortliche/r         | Modultyp    | Empf. Trimester |
| Prof. Dr.-Ing. Günther Löwisch | Wahlpflicht | 1               |

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

|  |
|--|
| <b>Empfohlene Voraussetzungen</b>  |
| Grundlegende Fachkenntnisse im Thema der Studienarbeit.<br><br>Kenntnisse des Projektmanagements.  |
| <b>Qualifikationsziele</b>   |
| Fähigkeit, ein Projekt/eine Studienarbeit zu planen und selbständig durchzuführen sowie ein Projekt eigenverantwortlich zu leiten und zu kontrollieren.  |
| <b>Inhalt</b>  |
| Ziel der Studienarbeit ist die Bearbeitung einer ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellung; sowie die selbständige Planung und Durchführung einer Arbeit beziehungsweise die eigenständige Organisation, Durchführung, Leitung und Kontrolle eines Projektes. In der Studienarbeit bearbeiten die Studierenden entweder alleine oder in Teams eigenverantwortlich ingenieurwissenschaftliche Projekte.  |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| Schriftliche Ausarbeitung. Bei Teamarbeit sind die individuellen Anteile der Studierenden kenntlich zu machen.   |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Das Modul ist in allen technischen Studiengängen verwendbar.   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| • 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.  |
| <b>Sonstige Bemerkungen</b>  |
| 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. |

Beginn und Abgabetermin der Arbeit ist mit der Betreuerin/dem Betreuer zu vereinbaren und wird auf dem Anmeldeformular festgelegt.

Spätester Abgabetermin ist der 28.02. des zweiten Studienjahres.

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.

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.

| Modulname                             | Modulnummer |
|---------------------------------------|-------------|
| <b>Graphische Benutzeroberflächen</b> | 1445        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

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

| Modulname        | Modulnummer |
|------------------|-------------|
| <b>Ballistik</b> | 1447        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 88              | 36                 | 52                   | 3           |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### 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

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

Innenballistik: Vorgänge beim Schuss: Schießstoffe; Abbrand der

Treibladung. Druck- und Geschwindigkeitsverlauf; Geschossbeschleunigung;

Energieverhältnisse beim Schuss. Druckunterschied im Rohr.

Aufbau von Rohrwaffen. Arten von Geschossen. Kinetische Energie

|  |
|--|
| (KE), chemische Energie (CE),<br>Munitionsarten. Panzerdurchschlag: Eindring- / Durchschlagsleistungen durch Stanzen, Volumenverdrängung ohne und mit Projektilerosion.<br>Typen von Sprengladungen, Blastmunition. Hohl- und Flachladungen.<br>Projektilladungen, Splitterladungen und deren Wirkungen.<br>Flugzielgefechtsteile, richtbare Gefechtsteile. Streumunition, Minen.<br>Panzerschutz. Wundballistik. Lenkflugkörpertechnik. |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| sP-90  |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Im nachfolgenden beruflichen Einsatz als Offizier.   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Das Modul dauert 1 Trimester.</li><li>• Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.</li><li>• Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.</li></ul>   |

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Grundlegende Kenntnisse der Mathematik
- Grundlegende Kenntnisse der Strömungsmechanik

#### Qualifikationsziele

- Die Grundlagen des Schiffsmodellversuchswesens werden in Übereinstimmung mit den Vorgaben der ITTC-Empfehlungen gelehrt, um die Absolventen auf ingenieurmäßige Tätigkeiten dieses Fachgebiets vorzubereiten.
- Selbständige Anwendung wissenschaftlicher und anwendungsbezogener Methoden des Schiffsmodellversuchswesens auf Basis der ITTC-Empfehlungen.

#### Inhalt

Einführung in die wichtigsten technischen Problemfelder des Schiffsmodellversuchswesens:

- Einführung in die Bedeutung des Schiffsmodellversuchswesens für die Seefahrt
- Einführung in die wichtigsten Bestimmungen, Bezeichnungen, Definitionen und wichtiger Ähnlichkeitsgesetze für die Stabilitäts- und Widerstandsprognosen auf Grundlage der Empfehlungen der International Tank Towing Conference (ITTC)
- Kenntnis über allgemeine Fachkunde des Modellbaus und Sonderbestimmungen gem. ITTC
- Grundlagen der Planung, Durchführung sowie Auswertung von Modellversuchen zur Stabilitätsanalyse und praktische Anwendung an ausgewählten Beispielen
- Grundlagen der Planung, Durchführung sowie Auswertung von Modellversuchen im Wasserschleppkanal zur Widerstandsprognose und praktische Anwendung an ausgewählten Beispielen
- Allgemeine Kenntnisse zur Durchführung von Freifahrtversuchen gem. ITTC.

#### Leistungsnachweis

Schiffsmodellversuchswesen: sP-90



**Verwendbarkeit**

Dieses Wahlpflichtmodul bietet den Studierenden die Möglichkeit, Kenntnisse über die Verfahrensweisen von Schiffbauversuchsanstalten zu sammeln und diese z.B. für die Anfertigung einer Masterarbeit zu nutzen.

**Dauer und Häufigkeit**

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

| Empfohlene Voraussetzungen  |
|---|
| Technische Mechanik, Werkstoffkunde, Bauteilprüfung und Betriebsfestigkeit.<br>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 Versuchszeitverkürzung, Anwendung rechnerischer Lebensdauerabschätzung und Auslegungskonzepte  |
| Literatur   |
| Zur Vorbereitung und Vertiefung empfiehlt sich folgende Literatur:<br>Buxbaum, O:<br>Betriebsfestigkeit - Sichere und wirtschaftliche Bemessung schwingbruchgefährdeter Bauteile und Konstruktionen<br>Verlag Stahleisen Düsseldorf 1992<br>Haibach, E:<br>Betriebsfestigkeit - Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung<br>VDI-Verlag Düsseldorf 2006<br>Jenne, S., Pötter, K., & Zenner, H. Zählverfahren und Lastannahme in der Betriebsfestigkeit. Springer Verlag 2012<br>Naubereit, H.; Weihert, J.<br>Einführung in die Ermüdungsfestigkeit<br>Hanser Verlag München 1999 |

|   |
|---|
| Radaj, D:<br>Ermüdungsfestigkeit: Grundlagen für Leichtbau, Maschinen- und Stahlbau<br>Springer Verlag Berlin 2007<br>Sander, Manuela. Sicherheit und Betriebsfestigkeit von Maschinen und Anlagen.<br>Springer-Verlag Berlin, 2008                     |
| <b>Verwendbarkeit</b>   |
| Kenntnisse und Fähigkeiten zur Lösung ingenieurmäßiger Aufgaben auf dem Gebiet der Dimensionierung und des Betriebes schwingbruchgefährdeter Bauteile, Experimenteller und rechnerischer Betriebsfestigkeitsnachweis, Anwendung von Auslegungskonzepten |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>   |
| Das Modul dauert 1 Trimester.<br>Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.<br>Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.  |

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

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

| Modulname  | Modulnummer |
|--|-------------|
| <b>Technisches Fachenglisch 2 für Maschinenbau</b> | 1456        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r | Modultyp    | Empf. Trimester |
|------------------------|-------------|-----------------|
| StD Jürgen Bittner     | Wahlpflicht | 3               |

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 84              | 36                 | 48                   | 3           |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname                          | Teilnahme   | TWS      |
|--|-----|---|-------------|----------|
| 14561                                  | SE  | Technisches Fachenglisch 2 für Maschinenbau | Wahlpflicht | 3        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |   |             | <b>3</b> |

#### Empfohlene Voraussetzungen

Das Modul baut auf dem Wahlpflichtfach Technisches Fachenglisch 1 des Bachelor-Studienganges auf. Eine Teilnahme ist aber auch für Studentinnen/Studenten möglich, welche diese Veranstaltung nicht besucht haben.

#### Qualifikationsziele

- Dieses Wahlpflichtfach versteht sich als Ergänzung und Erweiterung der militärischen Sprachausbildung mit fachlichen Schwerpunkt Maschinenbau
- selbständige Erarbeitung des Verständnisses einfacher englischsprachiger Fachtexte
- Beschreibung einfacher technischer Systeme des Maschinenbaus mit technischem Fachwortschatz
- Kommunikation mit Fachkollegen über einfache technische Sachverhalte.

#### Inhalt

- Aneignung, Vertiefung und Anwendung von technischem Fachwortschatz zu Themen des Maschinenbaus
- Verwendung von Nachlagewerken zum Übertragen einfacher Fachtexte
- Einübung von Techniken um einfache fachliche Inhalte mündlich und schriftlich zu kommunizieren.

#### Leistungsnachweis

sp-90

#### Verwendbarkeit

In der globalisierten Welt mit Englisch als Kommunikationsmedium in Wissenschaft und Technik ist Ingenieurarbeit ohne Kenntnisse in der Fachsprache nicht mehr denkbar.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

| Modulname    | Modulnummer |
|--------------|-------------|
| Rechnernetze | 1458        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

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

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

#### Leistungsnachweis

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

Verwendbarkeit

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



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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

| Empfohlene Voraussetzungen                     |
|--|
| Das Bachelor-Modul Einführung in Rechnernetze. |

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

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

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

Das Bachelor-Modul Einführung in Rechnernetze.

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

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

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

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| 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      | Wahlpflicht | 3        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                    |             | <b>3</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen  |
|---|
| Der Studierende benötigt Kenntnisse der Werkstofftechnik und der technischen Mechanik.<br>Die Zahl der Teilnehmer ist auf 10 beschränkt.  |
| Qualifikationsziele   |
| Die Studierenden gewinnen die Fähigkeit, aus der Untersuchung von Schadensteilen Rückschlüsse auf die Schadensursachen zu schließen und daraus Korrekturmaßnahmen abzuleiten.   |
| 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 Schliften, 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   |
| Die Studierenden untersuchen selbständig ein Schadensteil und erstellen einen Untersuchungsbericht. Dieser Bericht wird als Leistungsnachweis bewertet.   |
| 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.<br>Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.  |

Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

| Modulname                       | Modulnummer |
|---------------------------------|-------------|
| <b>Moderne Datenbanksysteme</b> | 1467        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r          | Modultyp    | Empf. Trimester |
|---------------------------------|-------------|-----------------|
| Prof. Dr. rer. nat. Harald Görl | Wahlpflicht | 3               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname       | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|--------------------------|-----------|----------|
| 14671                                  | VÜ  | Moderne Datenbanksysteme | Pflicht   | 4        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                          |           | <b>4</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Kenntnisse des Moduls "Höhere Mathematik"  |
| Inhalt   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Überblick über gängige Datenbanksysteme</li> <li>- Datenbankmodelle (relational, objektorientiert, Not Only SQL - verteilt und nicht relational)</li> <li>- Daten- und Dateiorganisation</li> <li>- Allgemeine Datenbankentwurfstechniken</li> <li>- Anfragealgebren und Anfragekalküle</li> <li>- Datenschutz und Integritätsbedingungen</li> <li>- Verteilte und heterogene Datenbanken</li> <li>- Anwendungsunterstützung und Optimierungen</li> </ul> |
| Leistungsnachweis  |
| sP-60  |
| 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 2018 |
|-------|------------------------------|

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

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 150             | 60                 | 90                   | 3           |

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname              | Teilnahme   | TWS      |
|--|-----|---------------------------------|-------------|----------|
| 14321                                  | VÜ  | Prozesssimulation               | Wahlpflicht | 5        |
| 14322                                  | VÜ  | Simulation technischer Prozesse | Wahlpflicht | 6        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                                 |             | <b>5</b> |

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Höheren Mathematik</li> <li>• Kenntnisse der Technischen Mechanik</li> <li>• Hinweis: Kenntnisse der Kraftfahrzeugtechnik werden nicht vorausgesetzt.</li> </ul>   |
| 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   |
| <p>Prozessmodellierung, numerische Methoden, Software-Werkzeuge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Modellbildung dynamischer Systeme in der MKS (Mehrkörpersimulation)</li> <li>• Integration der MKS in den Entwicklungsprozess</li> <li>• Einführung in komponentenbasierte Simulation mit Anwendungen (z.B. RecurDyn)</li> <li>• Numerische Integrationsverfahren &amp; Solvetechnologien</li> <li>• Praktische Beispiele aus der Entwicklung</li> </ul> |
| Leistungsnachweis  |
| sP-90  |



### Verwendbarkeit

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

### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.

Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r      | Modultyp    | Empf. Trimester |
|-----------------------------|-------------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Oliver Meyer | Wahlpflicht | 2               |

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

Die Zahl der Teilnehmer ist auf 15 begrenzt.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden können die Wirkungsweise und die tatsächliche Umsetzung aerodynamischer Maßnahmen in der Fahrzeugentwicklung beurteilen. Darüber erwerben die Studierenden Erfahrungen im kritischen Umgang mit selbsterzeugten Messdaten.

#### Inhalt

Das Wahlpflichtfach besteht aus einem Vorlesungsteil und einem Praktikum. Die Vorlesung deckt folgende Themen ab:

- Fahrzeugumströmung (Formoptimierung, Detailoptimierung, Bauteile)
- Funktionsaerodynamik (Kräfte auf Karosserieteile, Verschmutzung, Kühlung, Aeroakustik)
- Entwicklungsbeispiele

Die theoretischen Methoden werden aufgezeigt und anhand tatsächlicher, aktueller Beispiele in der Fahrzeugentwicklung diskutiert. Schließlich wird im zweiten, praktischen Teil mit einem Ausrollversuch der aerodynamische Widerstand eines entsprechend vorbereiteten Versuchsfahrzeugs selbständig ermittelt und der „Aerodynamische Fingerabdruck“, nämlich die Druckverteilung eines Fahrzeugs im Längs-Mittelschnitt

|   |
|---|
| gemessen, ausgewertet und diskutiert. Die Ergebnisse werden in einem Bericht zusammengefasst, der als Leistungsnachweis gewertet wird.  |
| <b>Leistungsnachweis</b>  |
| Die Studierenden untersuchen selbständig die Aerodynamik eines Versuchsfahrzeugs und erstellen darüber eine Seminararbeit. Diese Seminararbeit wird als Leistungsnachweis bewertet.   |
| <b>Verwendbarkeit</b>   |
| 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. |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>   |
| Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester. Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.  |

| Modulname                     | Modulnummer |
|-------------------------------|-------------|
| <b>Wirksystemtechnologien</b> | 1509        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

| Empfohlene Voraussetzungen  |
|---|
| abgeschlossener BA in Maschinenbau oder vergleichbare Qualifikation   |
| Qualifikationsziele   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Vorlesung soll einen Einblick in Wirksystemtechnologien und angrenzende Themengebiete wie Zündsystemtechnologien, IM und Effektivitätsanalysen vermitteln.</li> <li>- Die Studierenden sollen die verschiedenen Technologien verstehen und im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit auch auf übergeordneter Systemebene bewerten können.</li> </ul>  |
| Inhalt  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Grundbegriffe, Definitionen, Literaturquellen</li> </ol> </li> <li>2. Grundlagenthemen <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Einführung in die Sprengstoffinitiation und Detonik</li> <li>b. Ausgewählte Themen der Ballistik (Splitter-, End-, Wundballistik)</li> <li>c. Überblick über Methoden und Verfahren der experimentellen (Hochgeschwindigkeits-) Diagnostik</li> <li>d. Überblick über Modellbildung und Simulation sowie Simulationstools</li> </ol> </li> <li>3. Wirksystemtechnologien <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Klassische Wirkmechanismen</li> <li>b. Zündsystemtechnologien (inkl. MSAD - Mechanical Safety and Arming Device, ESAD - Electrical Safety and Arming Device, EFI - Exploding Foil Initiator)</li> <li>c. Insensitive Munition (IM)</li> <li>d. Passiver und reaktiver Schutz</li> <li>e. Effektivitätsanalysen (Verwundbarkeit und Letalität)</li> <li>f. Neuartige und flexible Wirkmechanismen</li> </ol> </li> <li>4. Systemanwendungen <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Flugkörper</li> <li>b. Geschosse (Rohrwaffenmunition, Raketen)</li> </ol> </li> </ol> |

|  |
|--|
| c. Minen<br>5. Exkursionen in die wehrtechnische Industrie und Institute |
| Leistungsnachweis  |
| Referat  |
| Dauer und Häufigkeit   |
| Dieses Modul dauert ein Trimester und wird im Wintertrimester angeboten. |

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

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

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

#### Qualifikationsziele

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

#### Inhalt

Im Rahmen dieses Moduls werden die Studierenden zunächst anhand von Beispielen in die unterschiedlichen Einsatz- und Anwendungsbereiche der rechnergestützten Simulation eingeführt. Sie sollen dabei die unterschiedlichen, bei Entwurf und Implementierung eines Simulationsmodells zu berücksichtigenden Einfluß-, Steuer- und Ausgabeparameter kennenlernen. Im Mittelpunkt dieser Einführung werden des weiteren Klassifikationen von Anwendungsbereichen und Techniken der rechnergestützten Simulation stehen, mit dem Schwerpunkt auf der diskreten Simulation. Die Studierenden werden danach unterschiedliche Prinzipien von Ablaufsteuerungen, Zufallszahlenerzeugung, Datenerhebung und -auswertung sowie Möglichkeiten und Problematik der Modell-Verifikation und -Validierung kennenlernen. Außerdem werden Chancen, Risiken und Vorgehensweisen von 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 |
|-------------------------------------|-------------|
| <b>Terabit Space Communications</b> | 3445        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname   | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|--|-----------|----------|
| 34451                                  | VÜ  | Optische Freiraumübertragung                               | Pflicht   | 3        |
| 34452                                  | VÜ  | High-Throughput-Satellites: Technologien und Applikationen | Pflicht   | 3        |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |  |           | <b>6</b> |

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Bachelor-Kenntnisse Mathematik und Physik
- Grundkenntnisse der Signalverarbeitung
- Kenntnisse über die Eigenschaften und die Beschreibung von Signalen und Übertragungssystemen in der Nachrichtentechnik

#### Qualifikationsziele

- Die Studierenden beschreiben die wichtigsten Technologien zur Kapazitätssteigerung von Satellitensystemen. Insbesondere den optischen Richtfunk erläutern die Studierenden in seinen technischen Details; ebenso beschreiben sie moderne Multibeam- und Multi-Antennen (MIMO) Satelliten mit ihren technischen Besonderheiten.
- Die Studierenden sollen die Fähigkeit erwerben, die genannten Systeme auf Systemebene qualitativ auszulegen, die Systeme und Subsysteme nach ihren technischen Kenndaten grob zu dimensionieren und die Einflussgrößen wesentlicher Systemberechnungen quantitativ abzuschätzen. Dazu können die Studierenden grundlegende Berechnungen durchführen.
- Die Studierenden unterscheiden die wesentlichen Arten von Anwendungsfeldern und Szenarien für die verschiedenen Ansätze zur Kapazitätssteigerungen, und sie können abwägen wann optischer Richtfunk wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen HF-Funkverbindungen bietet und wann hochratige Funkverbindungen überlegen sind.

#### Inhalt

Lehrveranstaltung a) „Optische Freiraumübertragung“

(Lehrbeauftragter Dr. Marcus Knopp, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)  
1. Einführung:



1. Motivation: Technologien zur Bereitstellung von Bandbreite
2. Glasfaser vs. Optische Freiraumübertragung (FSO)
3. Definitionen
  
2. Physikalische Grundlagen
  1. Was ist Licht?
  2. Grundlagen Elektromagnetismus
  3. Grundlagen Geometrische Optik
  
3. Technologische Grundlagen
  1. Funktionsweise der optischen Freiraumübertragung
  2. Lichtquellen
  3. Modulatoren
  4. Detektoren
  5. Optische Komponenten
  6. Pointing, Acquisition & Tracking (PAT)
  
4. Signalausbreitung in optischen Freiraumkanälen – Einflussfaktoren
  1. Atmosphäre
  2. Wetter
  3. Sichtbarkeit
  4. Link-Budget Analyse
  
5. Signalausbreitung in optischen Freiraumkanälen – Übertragungsverfahren
  1. Modulationsverfahren und Codierung für Optik
  2. Kanalmodelle
  
6. Anwendungsfelder – Raumfahrt
  1. Satcom (ISL, SGL, Data Relay)
  2. Deep-Space-Communication
  3. Optische Bodenstationen für den Up- und Downlink

Lehrveranstaltung b)

“High-Throughput-Satellites: Technologien und Applikationen”

(Dozent: Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)

- Frequenzen und Orbits für die Satellitenkommunikation:
- Nutzlastarchitekturen: transparent, regenerativ, Bent-Pipe (analog und digital)
- Netzarchitekturen und Multiple Access (FDMA, CDMA, TDMA), Beamhopping
- Hochfrequenzkomponenten einer Satellitennutzlast
- Multibeam-Satellitenarchitekturen (Focal Array Fed Reflector, Direct Beamforming)
- Frequenzwiederverwendung, MIMO-Übertragung, Frontend-Strukturen
- Linkbudgets und Systemberechnungen für High-Throughput-Satellites (HTS)

- Vorstellung und Diskussion von Systembeispielen: One-Web, Eutelsat Quantum, Intelsat EPIC, ViaSAT 3
- Zukunftstrends: Low-Earth-Orbit Satellitenkonstellationen und geostationäre Downlinks am Beispiel European Data Relay Satellite EDRS
- Anwendungsbereiche: Globales Internet, Industrie 4.0, Video-on-Demand

Die Lehrveranstaltung wird durch eine Exkursion in ein Satellitenkontrollzentrum ergänzt.

#### Leistungsnachweis

- Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 40 min Dauer (mP-40). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
- Für die Modulnote werden die Leistungen der Lehrveranstaltungen a) und b) im Verhältnis 1:1 gewertet. Die Modulprüfung ist bestanden, wenn jede der beiden Lehrveranstaltungen mindestens mit „ausreichend“ (4.0) bewertet wurde.

#### Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul für den Masterstudiengang EIT (M. Sc.) für die Vertiefungsrichtungen KT und ST
- Wahlpflichtmodul für den Masterstudiengang ME (M. Sc.) für die Vertiefungsrichtungen M, MSB und MLRTS
- Wahlpflichtmodul für den Studiengang CAE mit Vertiefung COM
- Hilfreicher Einstieg in Masterarbeiten im Bereich der Satellitenkommunikation

#### Dauer und Häufigkeit

2 Semester (WT+FT)

| Modulname     | Modulnummer |
|---------------|-------------|
| Deep Learning | 3460        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

| Nr.                                    | Art | Veranstaltungsname | Teilnahme | TWS      |
|--|-----|--------------------|-----------|----------|
| 34601                                  | VL  | Deep Learning      | Pflicht   |          |
| <b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b> |     |                    |           | <b>3</b> |

| Voraussetzungen laut Prüfungsordnung   |
|--|
|  |
| Empfohlene Voraussetzungen   |
| Interesse an der Thematik des maschinellen Lernens sowie gute Kenntnisse in einer Programmiersprache.  |
| Qualifikationsziele  |
| Die Studierenden kennen die wichtigsten theoretischen Konzepte des Deep Learning. Sie sind in der Lage, grundlegende Verfahren und Methoden des Deep Learning auf Lernprobleme selbständig anwenden zu können. Sie haben erste Erfahrungen mit einem Framework gesammelt und können damit Lernaufgaben praktisch bearbeiten. |
| Inhalt   |
| In diesem Modul werden die elementaren Grundlagen des Deep Learning vermittelt und an Hand konkreter Aufgabenstellungen praktisch umgesetzt. Als Programmierumgebung ist die Verwendung von TensorFlow und Python geplant.   |
| Themen der Lehrveranstaltung sind:   |
| - Grundlagen von Deep Learning (z.B. Backpropagation, logistische Regression, Softmax, GPU)  |
| - Deep Learning Architekturen (z.B. Convolutional Networks, Stacked Autoencoder, Restricted Boltzmann Machines)  |

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Einführung in ein Framework für Deep Learning (z.B.TensorFlow /Python)</li><li>- Praktische Anwendungen von Deep Learning auf Aufgabenstellungen aus der Mustererkennung</li></ul> <p>(z.B. Ziffernerkennung/ MNIST oder Bildklassifizierung / CIFAR).</p> |
| <b>Leistungsnachweis</b>   |
| Studienarbeit oder Referat mit 45 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.  |
| <b>Verwendbarkeit</b>  |
| Masterarbeit im Bereich „Maschinelles Lernen“.   |
| <b>Dauer und Häufigkeit</b>  |
| Das Modul umfasst 1 Trimester. Dieses Modul wird jeweils in den geraden Jahren im WT und im HT angeboten.  |

| Modulname                           | Modulnummer |
|-------------------------------------|-------------|
| <b>Festigkeitsauslegung mit FEM</b> | 3503        |

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| Konto | Wahlpflichtmodule - CAE 2018 |
|-------|------------------------------|

| Modulverantwortliche/r    | Modultyp    | Empf. Trimester |
|---------------------------|-------------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Ralf Späth | Wahlpflicht | 3               |

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
|                 |                    |                      | 3           |

| Empfohlene Voraussetzungen   |
|--|
| Modul „Strukturberechnung I“ (damit nur für CE geeignet)   |
| Qualifikationsziele  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur statischen Festigkeitsauslegung von tragenden Strukturen aus isotropem Werkstoff anhand von FEM-Analysen und Festigkeitswerten aus der Literatur auch unter Berücksichtigung von Stabilitätsversagen (lineare und nichtlineare Rechnung)</li> <li>• Verständnis zur Aussagekraft von FEM-Ergebnissen, abhängig von Belastung, Werkstoffbeanspruchung und Modellierungstiefe</li> <li>• Fähigkeit zur Durchführung von Betriebsfestigkeitsanalysen mit FEM</li> <li>• Verständnis für Beanspruchungen bei Schweißverbindungen und deren Modellierung mit FEM</li> <li>• Optimierung von tragenden Strukturen mittels geeigneter Algorithmen</li> <li>• Sensibilisierung für Grenzen der Optimierungsstrategien</li> </ul>  |
| Inhalt   |
| <p>Das Seminar besteht aus einer Verquickung von Vorlesung und praktischer Rechneranwendung in einem Pool des RZ. Die verwendete Software ist Altair HyperWorks in der jeweils aktuellen Version. Dies wird ergänzt durch praktische Festigkeitsversuche im Labor – damit ist eine Rückkopplung der erzielten Ergebnisse im Labor auf die vorher durchgeführten FEM-Ergebnisse möglich.</p> <p>Übersicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannungsauswertung im Post-Processing der FEM</li> <li>• Versagensarten in Realität und Modell</li> <li>• Statischer Festigkeitsnachweis anhand von Spannungswerten</li> <li>• Stabilitätsnachweis (Beulen, Knicken): linearer und nichtlinearer Ansatz</li> <li>• Betriebsfestigkeitsnachweis mit FEM</li> <li>• Modellierung von Schweißverbindungen mit FEM</li> <li>• Rechnergestützte Festigkeits-Optimierung von Strukturen</li> </ul> |
| Literatur  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschungskuratorium Maschinenbau: Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile – FKM-Richtlinie.</li> </ul>   |

- 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 |
|--------------|-------------|
| Masterarbeit | 1443        |

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| Konto | Masterarbeit - CAE 2018 |
|-------|-------------------------|

| Modulverantwortliche/r         | Modultyp | Empf. Trimester |
|--------------------------------|----------|-----------------|
| Prof. Dr.-Ing. Günther Löwisch | Pflicht  | 4               |

| Workload in (h) | Präsenzzeit in (h) | Selbststudium in (h) | ECTS-Punkte |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 900             |                    | 900                  | 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"> <li>• Die Studierenden besitzen vertiefte Kenntnisse und Kompetenzen auf dem Gebiet der Aufgabenstellung.</li> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, sich durch Recherche und Studium von Fachliteratur ein Wissensgebiet selbständig zu erschließen und die Literatur kritisch zu bewerten.</li> </ul> <p>Systematische Kompetenzziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können Methoden aus dem Gebiet der Aufgabenstellung auswählen und anwenden.</li> <li>• Die Studierenden sind in der Lage wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden weiter zu entwickeln.</li> <li>• 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.</li> </ul> <p>Kommunikative Kompetenzziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage die Aufgabenstellung, den Stand der Kenntnisse, die eigenen Arbeitsmethoden und Ergebnisse sinnvoll und klar strukturiert schriftlich darzustellen und gegebenenfalls mündlich zu präsentieren.</li> </ul> |

| 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"><li>• Auffinden und Analysieren der für das Arbeitsthema geeigneten Fachliteratur</li><li>• Vergleich, Auswahl und Einsatz geeigneter Lösungsmethoden</li><li>• Gegebenenfalls Planung, Durchführung und Dokumentation von Experimenten</li><li>• Gegebenenfalls Konzeption und Durchführung von Berechnungen, Entwicklung von Programmen oder Konstruktion und Auslegung von Bauteilen</li><li>• Kritische Bewertung der Ergebnisse</li><li>• Erstellen der schriftlichen Arbeit und gegebenenfalls einer mündlichen Präsentation.</li></ul> |
| <p>Die Problemstellung der Masterarbeit soll sich von der in der Bachelorarbeit bearbeiteten Problemstellung signifikant unterscheiden.</p>   |
| Leistungsnachweis   |
| <p>Wissenschaftliche Ausarbeitung.</p>  |
| Dauer und Häufigkeit  |
| <p>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.</p>  |



| Modulname                      | Modulnummer |
|--------------------------------|-------------|
| Seminar studium plus, Training | 1008        |

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

| Modulverantwortliche/r   | Modultyp | Empf. Trimester |
|--------------------------|----------|-----------------|
| Zentralinstitut Studium+ | Pflicht  |                 |

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

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

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

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

### **Langbeschreibung:**

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

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

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

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

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

### **Leistungsnachweis**

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

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

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

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

**Verwendbarkeit**

Das Modul ist für sämtliche Masterstudiengänge gleichermaßen geeignet.

**Dauer und Häufigkeit**

Das Modul dauert 2mal 1 Trimester.

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

Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

# Übersicht des Studiengangs: Konten und Module

## Legende:

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

| FT | PrFT | Nr        | Name  | M-Verantw.           | ECTS      |
|----|------|-----------|---|----------------------|-----------|
|    |      | <b>7</b>  | <b>Allgemeine Pflichtmodule - CAE 2018</b>            |                      | <b>12</b> |
| 1  | 1    | 1420      | Höhere Mathematik                                     | T. Sturm             | 7         |
| 1  | 1    | 1421      | Computergestützte Messdatenerfassung und -auswertung  | J. Böttcher          | 5         |
|    |      | <b>8</b>  | <b>Rechnergestützte Produktentstehung - CAE 2018</b>  |                      | <b>20</b> |
| 2  | 0    | 1422      | CAx- Technologien                                     | V. Nedeljkovic-Groha | 10        |
| 2  | 3    | 1423      | Methoden in der Produktentwicklung                    | K. Paetzold          | 5         |
| 3  | 1    | 1424      | Produkt- und Innovationsmanagement                    | K. Paetzold          | 5         |
|    |      | <b>9</b>  | <b>Computational Engineering - CAE 2018</b>           |                      | <b>20</b> |
| 2  | 3    | 1425      | Materialmodelle und Numerik                           | M. Johlitz           | 5         |
| 2  | 0    | 1426      | Strukturberechnung I                                  | R. Späth             | 5         |
| 3  | 4    | 1427      | Strukturberechnung II                                 | A. Lion              | 5         |
| 3  | 0    | 1428      | Strömungsberechnung                                   | S. Lecheler          | 5         |
|    |      | <b>10</b> | <b>Simulations- und Versuchstechnik - CAE 2018</b>    |                      | <b>20</b> |
| 2  | 0    | 1429      | Experimentaltechnik                                   | S. Lecheler          | 5         |
| 3  | 3    | 1430      | Digitale Signalverarbeitung                           | G. Staude            | 5         |
| 2  | 3    | 1431      | Fahrzeugdynamik                                       | A. Lion              | 5         |
| 2  | 2    | 1432      | Prozesssimulation                                     | F. Faßbender         | 5         |
|    |      | <b>11</b> | <b>Electronic Design Automation - CAE 2018</b>        |                      | <b>20</b> |
| 2  | 0    | 1433      | Einführung EDA / Technologie integrierter Schaltungen | M. Heinitz           | 5         |
| 2  | 0    | 1434      | System on a Chip                                      | F. Englberger        | 5         |
| 3  | 1    | 1435      | Simulationstechnik, VLSI und Schaltungssimulation     | R. Kraus             | 10        |
|    |      | <b>12</b> | <b>Wireless Communications - CAE 2018</b>             |                      | <b>20</b> |
| 2  | 0    | 1436      | Transmission Techniques for Wireless Channels         | E. Riederer          | 5         |
| 2  | 3    | 1437      | Robuste Übertragungsverfahren                         | A. Knopp             | 5         |
| 3  | 3    | 1438      | Kanal- und Quellencodierung                           | K. Graf              | 5         |
| 3  | 2    | 1439      | Informationsübertragungssysteme                       | A. Knopp             | 5         |
|    |      | <b>13</b> | <b>Autonome Intelligente Systeme - CAE 2018</b>       |                      | <b>20</b> |
| 2  | 0    | 1440      | Semantische Technologien                              | N. Oswald            | 5         |
| 2  | 0    | 1441      | Grundlagen sensomotorischer Systeme                   | A. Baumann           | 5         |
| 3  | 1    | 1442      | Algorithmische Geometrie und Robotik                  | F. Englberger        | 10        |
|    |      | <b>14</b> | <b>Wahlpflichtmodule - CAE 2018</b>                   |                      | <b>9</b>  |
| 3  | 4    | 1048      | Aerothermodynamik                                     | C. Mundt             | 5         |
| 2  | 3    | 1053      | Computational Fluid Dynamics                          | M. Klein             | 5         |
| 3  | 4    | 1054      | Dynamik und Regelung von Satelliten                   | R. Förstner          | 5         |
| 3  | 4    | 1065      | FVW- Strukturen                                       | H. Rapp              | 5         |

|   |   |      |   |                    |   |
|---|---|------|---|--------------------|---|
| 3 | 1 | 1066 | Gasdynamik  | C. Kähler          | 5 |
| 4 | 2 | 1068 | Leichtbaustrukturen   | H. Rapp            | 5 |
| 4 | 2 | 1072 | Messmethoden in der Strömungsmechanik                               | C. Kähler          | 5 |
| 2 | 3 | 1075 | Moderne Methoden der Regelungstechnik                               | G. Reißig          | 5 |
| 2 | 3 | 1076 | Moderne Strukturwerkstoffe  | H. Gudladt         | 5 |
| 3 | 1 | 1077 | Nichtgleichgewichts -Thermodynamik                                  | C. Mundt           | 5 |
| 4 | 2 | 1078 | Numerische Mathematik   | M. Klein           | 5 |
| 4 | 2 | 1080 | Prozessrechentechnik  | H. Wünsche         | 5 |
| 3 | 4 | 1081 | Raumfahrtantriebe   | C. Mundt           | 5 |
| 3 | 1 | 1082 | Regelungstechnik  | F. Svaricek        | 5 |
| 3 | 1 | 1086 | Satellitensysteme   | R. Förstner        | 5 |
| 2 | 3 | 1087 | Sensortechnik   | H. Wünsche         | 5 |
| 3 | 1 | 1088 | Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen              | H. Gudladt         | 5 |
| 2 | 3 | 1089 | Strukturdynamik   | H. Rapp            | 5 |
| 2 | 3 | 1090 | Wärme- und Stofftransport   | M. Pfitzner        | 5 |
| 4 | 2 | 1091 | Weltraumphysik  | R. Förstner        | 5 |
| 3 | 3 | 1109 | Algorithmen und Datenstrukturen in C++                              | R. Finsterwalder   | 3 |
| 3 | 3 | 1110 | Statistische Qualitätssicherung                                     | A. Rudolph         | 3 |
| 2 | 2 | 1111 | Versuchsplanung   | A. Rudolph         | 3 |
| 2 | 3 | 1154 | Einführung in die Klebtechnik                                       | J. Holtmannspötter | 3 |
| 4 | 4 | 1156 | Entwicklung von Geschäftsmodellen                                   | U. Lechner         | 6 |
| 3 | 3 | 1160 | Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik                       | M. Strösser        | 3 |
| 3 | 3 | 1168 | Integrierte Anwendungssysteme im Produkt Lifecycle Management CAE   | A. Karcher         | 6 |
| 1 | 1 | 1170 | Projektmanagement CAE   | H. Hagel           | 6 |
| 4 | 2 | 1171 | Prozessmanagement und Engineering Standards                         | H. Hagel           | 6 |
| 2 | 3 | 1191 | Maschinendynamik  | A. Lion            | 3 |
| 2 | 2 | 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                                  | K. Paetzold        | 5 |
| 3 | 3 | 1430 | Digitale Signalverarbeitung   | G. Staude          | 5 |
| 1 | 1 | 1444 | Studienarbeit   | G. Löwisch         | 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 |
| 3 | 3 | 1456 | Technisches Fachenglisch 2 für Maschinenbau                         | J. Bittner         | 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 |
| 3 | 3 | 1467 | Moderne Datenbanksysteme  | H. Görl            | 3 |
| 2 | 2 | 1494 | Prozesssimulation   | F. Faßbender       | 3 |
| 2 | 2 | 1495 | Praxis der Kraftfahrzeugaerodynamik                                 | O. Meyer           | 3 |

|   |   |             |  |                               |           |
|---|---|-------------|--|-------------------------------|-----------|
| 3 | 3 | 1509        | Wirksystemtechnologien                     | J. Höcherl                    | 5         |
| 1 | 1 | 1529        | Simulation                                 | O. Rose                       | 4         |
| 3 | 5 | 3445        | Terabit Space Communications               | A. Knopp                      | 5         |
| 3 | 3 | 3460        | Deep Learning                              | N. Oswald                     | 3         |
| 3 |   | 3503        | Festigkeitsauslegung mit FEM               | R. Späth                      | 3         |
|   |   | <b>15</b>   | <b>Masterarbeit - CAE 2018</b>             |                               | <b>24</b> |
| 4 |   | 1443        | Masterarbeit                               | G. Löwisch                    | 24        |
|   |   | <b>99MA</b> | <b>Verpflichtendes Begleitstudium plus</b> |                               | <b>5</b>  |
|   | 9 | 1008        | Seminar studium plus, Training             | . Zentralinstitut<br>Studium+ | 5         |

# Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen

## Legende:

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

| FT | Nr    | Name   | Art                                | P/Wp | TWS |
|----|-------|--|------------------------------------|------|-----|
|    | 11602 | Vom Ansatz zum Einsatz: Angewandte Mathematik  | Übung                              | Pf   | 1   |
|    | 12534 | Übertragungssicherheit                         | Übung                              | Pf   | 1   |
|    | 14221 | CAD/Rechnerintegrierte Produktion              | Vorlesung                          | Pf   | 3   |
|    | 14222 | Integrierte Produktionsplanung                 | Vorlesung                          | Pf   | 3   |
|    | 14223 | Rapid Prototyping                              | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
|    | 14224 | CAX-Praktikum                                  | Praktikum                          | Pf   | 1   |
|    | 14252 | Computernumerik                                | Praktikum                          | Pf   | 3   |
|    | 14261 | Grundlagen der FEM                             | Vorlesung                          | Pf   | 3   |
|    | 14262 | FEM-Praktikum                                  | Praktikum                          | Pf   | 3   |
|    | 14271 | Nichtlineare FEM                               | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
|    | 14273 | Einführung in die Kontinuumsmechanik           | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
|    | 14281 | Numerische Strömungsberechnung                 | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
|    | 14282 | Numerische Strömungsberechnung                 | Übung                              | Pf   | 2   |
|    | 14291 | Experimentaltechnik                            | Vorlesung/Übung                    | Pf   | 7   |
|    | 14331 | Einführung in die Electronic Design Automation | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
|    | 14332 | Einführung in die Electronic Design Automation | Übung                              | Pf   | 1   |
|    | 14333 | Technologie integrierter Schaltungen           | Vorlesung                          | Pf   | 4   |
|    | 14341 | System on a Chip                               | Vorlesung/<br>Sem.Unterricht/Übung | Pf   | 5   |
|    | 14352 | Schaltungssimulation                           | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
|    | 14353 | Schaltungssimulation                           | Praktikum                          | Pf   | 4   |
|    | 14361 | Transmission Techniques for Wireless Channels  | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
|    | 14362 | Transmission Techniques for Wireless Channels  | Übung                              | Pf   | 1   |
|    | 14363 | Transmission Techniques for Wireless Channels  | Praktikum                          | Pf   | 3   |
|    | 14371 | Moderne Methoden der Signalübertragung         | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
|    | 14391 | Parameterschätzung und Synchronisation         | Vorlesung                          | Pf   | 3   |
|    | 14401 | Semantische Technologien                       | Vorlesung/Übung                    | Pf   | 4   |
|    | 14411 | Sensorik                                       | Vorlesung                          | Pf   | 3   |
|    | 14412 | Robotersysteme                                 | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
|    | 14423 | Robotik  | Vorlesung/<br>Sem.Unterricht/Übung | Pf   | 5   |
| 1  | 10661 | Gasdynamik                                     | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
| 1  | 10662 | Gasdynamik                                     | Übung                              | Pf   | 2   |
| 1  | 10771 | Nichtgleichgewichts-Thermodynamik              | Vorlesung/Übung                    | Pf   | 4   |
| 1  | 10821 | Regelungstechnik                               | Vorlesung                          | Pf   | 2   |
| 1  | 10822 | Regelungstechnik                               | Übung                              | Pf   | 2   |

|   |       |   |                 |     |   |
|---|-------|---|-----------------|-----|---|
| 1 | 10861 | Satellitensysteme   | Vorlesung       | Pf  | 2 |
| 1 | 10862 | Satellitensysteme   | Übung           | Pf  | 2 |
| 1 | 10881 | Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen              | Vorlesung       | Pf  | 2 |
| 1 | 10882 | Statische und dynamische Beanspruchung von Werkstoffen              | Übung           | Pf  | 2 |
| 1 | 11433 | Simulation  | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |
| 1 | 11701 | Projektmanagement   | Vorlesung       | Pf  | 3 |
| 1 | 11702 | Projektmanagement   | Übung           | Pf  | 2 |
| 1 | 11951 | Algorithmische Geometrie  | Vorlesung/Übung | Pf  | 5 |
| 1 | 11971 | Rechnernetze  | Vorlesung/Übung | Pf  | 5 |
| 1 | 11972 | Mobile Kommunikationssysteme  | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |
| 1 | 12031 | Produkt- und Innovationsmanagement                                  | Vorlesung/Übung | Pf  | 4 |
| 1 | 12451 | Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik                         | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |
| 1 | 12461 | Integrierte Schaltungen   | Vorlesung/Übung | Pf  | 4 |
| 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 |
| 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 | 11111 | Versuchsplanung   | Vorlesung/Übung | Pf  | 4 |
| 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 | 12452 | Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik                         | Übung           | Pf  | 1 |
| 2 | 12901 | Antennentechnik   | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |
| 2 | 12902 | EMV in der Kommunikationstechnik                                    | Vorlesung/Übung | Pf  | 2 |
| 2 | 13891 | Rechnergestützte Layoutverfahren                                    | Vorlesung/Übung | WPf | 3 |
| 2 | 14101 | Verteilte Internetanwendungen                                       | Praktikum       | Pf  | 4 |
| 2 | 14313 | Praktikum Fahrzeugdynamik   | Praktikum       |     | 2 |
| 2 | 14321 | Prozesssimulation   | Vorlesung/Übung | WPf | 5 |
| 2 | 14322 | Simulation technischer Prozesse                                     | Vorlesung/Übung | WPf | 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 KrafftFahrzeugaerodynamik                                | Vorlesung/Übung | Pf  | 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  | 2 |
| 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 | 11101 | Statistische Qualitätssicherung                               | Vorlesung/Übung | Pf  | 4 |
| 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 | 11611 | Fahrzeugdynamik   | Vorlesung       | Pf  | 2 |
| 3 | 11612 | Fahrzeugdynamik   | Übung           | Pf  | 1 |
| 3 | 11681 | Integrierte Anwendungssysteme im Product Lifecycle Management | Vorlesung       | Pf  | 3 |
| 3 | 11682 | Integrierte Anwendungssysteme im Product Lifecycle Management | Übung           | Pf  | 2 |
| 3 | 11911 | Maschinendynamik  | Vorlesung       | Pf  | 2 |
| 3 | 11912 | Maschinendynamik  | Übung           | Pf  | 1 |
| 3 | 12532 | Übertragungssicherheit  | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |
| 3 | 13561 | Experimentelle Mechanik und Materialmodellierung              | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |
| 3 | 14301 | Digitale Signalverarbeitung                                   | Vorlesung       | Pf  | 3 |
| 3 | 14302 | Digitale Signalverarbeitung                                   | Übung           | Pf  | 2 |
| 3 | 14381 | Kanal- und Quellencodierung                                   | Vorlesung/Übung | Pf  | 6 |
| 3 | 14481 | Schiffsmodellversuchswesen                                    | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |
| 3 | 14521 | Praktikum Aufbau und Herstellung integrierter Schaltungen     | Praktikum       | Pf  | 4 |
| 3 | 14561 | Technisches Fachenglisch 2 für Maschinenbau                   | Seminar         | WPf | 3 |
| 3 | 14661 | Schadenskunde   | Seminar         | WPf | 3 |
| 3 | 14671 | Moderne Datenbanksysteme                                      | Vorlesung/Übung | Pf  | 4 |
| 3 | 15091 | Wirksystemtechnologien  | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |
| 3 | 34601 | Deep Learning   | Vorlesung       | Pf  |   |
| 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 | 11561 | Entwicklung von Geschäftsmodellen                             | Vorlesung/Übung | WPf | 5 |
| 4 | 11942 | Rechnerpraktikum Nichtlineare FEM                             | Praktikum       | Pf  | 1 |
| 4 | 34451 | Optische Freiraumübertragung                                  | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |
| 5 | 34452 | High-Throughput-Satellites: Technologien und Applikationen    | Vorlesung/Übung | Pf  | 3 |

**Erläuterungen**

**Abkürzungsverzeichnis – Lehrformen**

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