

**Modulhandbuch des Studiengangs**

**Elektrische Energiesysteme  
und Informationstechnik (EIT)  
(Master of Science)**

**an der  
Universität der Bundeswehr München**

**(Version 2024)**

# Prolog

Im Master Studiengang EIT muss der/die Studierende eine der beiden folgenden Vertiefungen auswählen:

## **Vertiefung 1: Elektrische Energietechnik (EET)**

## **Vertiefung 2: Sichere Kommunikation und Elektronik (SKE)**

Notwendige Modulbelegung, bezogen auf die im weiteren Verlauf des Modulhandbuches verwendeten Bezeichnungen für die beiden Vertiefungsrichtungen:

### 1) EET

- . 30 ECTS Pflichtmodule (Module 1241, 4131, 4132, 4133, 4134)
- . + 15 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Vertiefungen“
- . + 10 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Simulation“
- . + 15 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Praktika“
- . + 15 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“ (\*)
- . + 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“
- . + 30 ECTS Masterarbeit

### 2) SKE

- . 30 ECTS Pflichtmodule (Module 4136, 4137, 4138, 4139, 4150, 6050)
- . + 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Communication Systems“
- . + 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik“
- . + 15 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“ (\*)
- . + 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“
- . + 30 ECTS Masterarbeit

(\*) Es dürfen in diesem Block keine Veranstaltungen gewählt werden, die bereits in einem anderen Block des Studiums belegt und geprüft wurden. Fächer außerhalb der im EIT - Modulhandbuch genannten Module erfordern eine Genehmigung durch den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses Master EIT.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Prolog</b> .....	2
<b><u>Elektrische Energietechnik - EET</u></b>	
<b>Pflichtmodule PFL für EET</b>	
1241 Automatisierungstechnik.....	6
4131 Kraftwerkstechnik und Berechnung regenerativer Systeme.....	8
4132 Dynamik & Regelung elektrischer Antriebe, EMV in der Energietechnik.....	11
4133 Systeme der Leistungselektronik.....	15
4134 Sensorik und Elektrische Messtechnik.....	17
<b>Wahlpflichtmodule WPFL für EET</b>	
<b>WPFL Vertiefungen für EET</b>	
1282 Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik.....	19
1369 Grundlagen der Blitzschutztechnik.....	21
4135 Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik.....	23
6058 Regelung für energietechnische Systeme.....	25
6066 Elektrische Antriebe für Satelliten.....	27
<b>WPFL Simulation für EET</b>	
1223 FEM in der Antriebstechnik.....	29
1446 Simulation leistungselektronischer Systeme.....	31
1493 Praktikum: Numerische Simulation in der Technik.....	33
1924 Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW.....	35
<b>WPFL Praktika für EET</b>	
1226 Praktikum: Elektrische Antriebe.....	37
1227 Praktikum: Elektrische Maschinen.....	39
1359 Praktikum: Leistungselektronik.....	41
1504 Praktikum: Simulink für Hardware in the Loop.....	43
6055 Praktikum Hochspannungstechnik.....	45
<b><u>Sichere Kommunikation und Elektronik - SKE</u></b>	
<b>Pflichtmodule PFL für SKE</b>	
4136 System on Chip Entwurf.....	47
4137 Werkstoffe der Halbleiterelektronik.....	49
4138 Kommunikationsnetze II.....	51
4139 Digitale Bildverarbeitung und Deep Learning.....	53
4150 Funksysteme und Antennen.....	55
6050 Signalverarbeitung.....	57

## **Wahlpflichtmodule WPFL für SKE**

### **WPFL Communication Systems für SKE**

1457	Kryptologie.....	59
2996	Mobilkommunikation und Radartechnik.....	61
4140	Photonische Netze.....	64
4143	CAD und Wellenausbreitung.....	66
4151	Space Communications.....	68
6053	Kanalcodierung.....	71
6060	Digitale Filter und Array Processing.....	73

### **WPFL Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik für SKE**

1488	Halbleitersensoren und Mikrosysteme.....	76
1917	Nanoelectronic devices and sensors.....	78
1918	Halbleitertechnologie und -zuverlässigkeit.....	80
1919	Advanced Analog Integrated Circuit Design.....	82
1920	Modern Digital ASIC Design.....	84
2317	Quantencomputing für Ingenieure.....	86
4147	Resilient Integrated Circuits.....	88

### **MINT Wahlmodule**

1224	Projektseminar Elektrische Antriebstechnik / Mechatronik.....	90
1229	Auslandspraktikum I.....	92
1230	Auslandspraktikum II.....	93
1279	Nichtlineare Regelung.....	94
1287	Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme.....	96
1296	Praktikum: Plasmatechnik.....	98
1307	Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik.....	99
1326	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik.....	101
1463	Flexible hybride Elektronik und Integration.....	102
1831	Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden.....	104
1846	Biomedizinische Informationstechnik 1.....	106
2489	Seminar über Logik.....	109
3442	Statistik für Ingenieure.....	111
3684	MATLAB essentials.....	113
3685	Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich.....	115
3825	Microcontroller und SPS im Vergleich - ein Studienprojekt.....	118
4214	Ausgewählte Anwendungen der Informationstechnik.....	121
6067	Biomedizinische Informationstechnik 2.....	123

### **Masterarbeit - EIT 2024**

1233	Masterarbeit EIT.....	126
------	-----------------------	-----

**Verpflichtendes Begleitstudium plus**

9903 studium plus 3, Seminar und Training.....	127
<b>Übersicht des Studiengangs: Konten und Module.....</b>	<b>129</b>
<b>Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen.....</b>	<b>131</b>

Modulname	Modulnummer
<b>Automatisierungstechnik</b>	1241

Konto	Pflichtmodule PFL für EET
-------	---------------------------

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

#### Empfohlene Voraussetzungen

Mathematische und physikalische Kenntnisse, wie sie in den Bachelorstudiengängen EIT oder ME vermittelt werden; Ba-Modul Regelungstechnik (EIT), Ba-Modul „Grundlagen der Elektrotechnik“.

#### Qualifikationsziele

##### Themenbereich „Digitale Regelkreise“:

Die Studierenden verstehen, wie Regelungen mit Hilfe moderner Geräte- und Informationstechnologie in Form von digitalen Regelkreisen realisiert werden. Die Studierenden können das dynamische Verhalten zeitdiskreter Systeme auf verschiedene Arten modellieren: Als Eingangs-Ausgangsmodell und als Zustandsraummodell im Zeitbereich sowie als Eingangs-Ausgangsmodell im Frequenzbereich. Die Studierenden verstehen die dynamischen Eigenschaften zeitdiskreter Systeme in Analogie zu zeitkontinuierlichen Systemen. Die Studierenden können ein Regelgesetz, das anhand eines zeitkontinuierlichen Streckenmodells entworfen worden ist, auf einem Microcontroller umsetzen und den Einfluss der Abtastung auf die Regelgüte abschätzen. Die Studierenden sind in der Lage, mit an die Anwendung angepassten Methoden einen digitalen Regelkreis zu entwerfen und sein Verhalten zu analysieren.

##### Themenbereich „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“:

Die Studierenden sind in der Lage, technische Abläufe als ereignisdiskrete Systeme zu interpretieren und geeignet zu modellieren. Die Studierenden verstehen, inwiefern Prozessautomatisierung auf höheren Ebenen die Aufgabe der Steuerung ereignisdiskreter Systeme beinhaltet. Die Studierenden können das dynamische Verhalten ereignisdiskreter Systeme mittels geeigneter Analysemethoden untersuchen; insbesondere sind sie in der Lage, die Lebendigkeit (d.h. Deadlock-Freiheit) und Sicherheit solcher Systeme nachzuweisen. Die Studierenden beherrschen verschiedene

<p>Methoden, um Steuerungen bzw. Regelungen für ereignisdiskrete Systeme, d.h. für Vorgänge, die es zu automatisieren gilt, zu entwerfen.</p> <p><u>Themenbereich „Modellbasierte prädiktive Regelung“:</u></p> <p>Die Studierenden verstehen das Prinzip der modellbasierten prädiktiven Regelung und können diese Methodik auf lineare, zeitdiskret modellierte Regelstrecken anwenden.</p>
<b>Inhalt</b>
<p><u>Themenbereich „Digitale Regelkreise“:</u></p> <p>Die Studierenden erhalten eine Einführung in die gerätetechnische Implementierung von Regelungen in Form von digitalen Regelkreisen. Sie lernen abgetastete Regelstrecken und ihre Modellierung als zeitdiskrete Systeme kennen, sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich. Sie werden mit Eigenschaften zeitdiskreter Systeme wie Stabilität, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit bekannt gemacht. Den Studierenden wird demonstriert, wie ein Regler, der anhand eines zeitkontinuierlichen Modells der Regelstrecke entworfen worden ist, in ein Programm umgesetzt werden kann, das auf einem Mikrocontroller abläuft. Sie erlernen ein Methodenspektrum, um digitale Regelungen auf Basis eines zeitdiskreten Streckenmodells zu entwerfen.</p> <p><u>Themenbereich „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“:</u></p> <p>Die Studierenden werden mit der Modellierung von technischen Prozessen (in Rechenanlagen, Fertigungsanlagen etc.) und Transportvorgängen in Form von ereignisdiskreten Systemen bekannt gemacht. Ihnen wird demonstriert, wie die Automatisierung von Fertigungsprozessen, Gebäuden, Fahrzeugen etc. so umformuliert werden kann, dass daraus die Aufgabe entsteht, durch Steuerungsmechanismen geeignete Ereignisfolgen herbeizuführen. Die Studierenden erlernen die Fähigkeit, Prozesse, die automatisiert werden sollen, mit Hilfe von deterministischen Automaten und Petrinetzen zu modellieren.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Lunze: Automatisierungstechnik, De Gruyter/Oldenbourg Verlag, 2016</li> <li>• J. Lunze: Regelungstechnik 2, Springer Verlag, 2016</li> <li>• M. Horn, N. Dourdoumas: Regelungstechnik, Pearson Studium Verlag, 2004</li> <li>• A. Kugi: Skript zur Vorlesung "Automatisierung",</li> <li>• <a href="https://www.acin.tuwien.ac.at/file/teaching/bachelor/automatisierung/AutomatisierungVO.pdf">https://www.acin.tuwien.ac.at/file/teaching/bachelor/automatisierung/AutomatisierungVO.pdf</a></li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET, Pflichtmodul im Masterstudiengang ME Studienrichtung Mechatronik.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Kraftwerkstechnik und Berechnung regenerativer Systeme</b>	4131

Konto	Pflichtmodule PFL für EET
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Thomas Weyh	Pflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41311	VÜ	Kraftwerkstechnik	Pflicht	3
41312	VÜ	Berechnung regenerativer Systeme	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnis des Moduls „Einführung in Electric Power Systems (EMP)“.

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden erwerben vertiefende Kenntnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• über Arten und Verfügbarkeit von Energiequellen und Mechanismen zur Umwandlung in elektrische Energie einschließlich einer kritischen Bewertung der resultierenden Umweltbelastungen</li> <li>• zu unterschiedlichen Bauformen von Dampfkraftwerken einschließlich deren Konzepte zur Effizienzsteigerung und Reduzierung der Einflüsse auf die Umwelt</li> <li>• zu weiteren klassischen thermischen Kraftwerkstypen wie Gasturbinenkraftwerke und deren Unterschiede bezüglich Aufbau, Kosten, Wirkungsgrad und Anlagenverfügbarkeit</li> <li>• zu Potential und Perspektive moderner regenerativer Energiequellen, basierend auf Wind, Sonne und Wasserkraft sowie weiterer Zukunftstechnologien wie Kernfusion</li> <li>• zu Aufbau und Struktur der Stromversorgungsnetze in den unterschiedlichen Netzbetriebsebenen</li> <li>• zur theoretischen Analyse der Zielparameter in vermaschten Netzen wie Strombelastung und Spannungsfall im ungestörten Zustand sowie zur Strombelastung im Kurzschlussfall</li> <li>• zur Bewertung komplexer Netzkonfigurationen bezüglich der Auswirkung auf die Zuverlässigkeit von Netzanbindungen</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Prinzipien thermodynamischer Kreisprozesse zu formulieren und zu berechnen</li> <li>• unterschiedliche Berechnungsverfahren für den ungestörten Netzbetrieb inklusive Netzvereinfachungsverfahren anzuwenden</li> </ul>



- Zuverlässigkeitsberechnungen unterschiedlicher Netzanbindungsvarianten durchzuführen.

### Inhalt

In der Lehrveranstaltung Kraftwerkstechnik erwerben die Studierenden detailliertes Wissen über folgende Teilgebiete:

- Energievorräte und elektrischer Energiebedarf, physikalische und organisatorische Struktur der Stromversorgung, Kosten der Stromerzeugung
- Grundlagen der Thermodynamik, Enthalpie, Entropie, Analysethermodynamischer Prozesse
- Analyse des Dampf-Kraft-Prozesses, Clausius-Rankine-Prozess, Zwischenüberhitzung, regenerative Speisewasservorwärmung, realer Energiefluss
- Aufbau von Dampfkraftwerken mit fossilen Brennstoffen, Feuerung, Rauchgasreinigung, Wärmeabfuhr, Kraft-Wärme-Kopplung
- Kernkraftwerke, Druck- und Siedewasserreaktoren, Kernbrennstoffe, Zukunftsperspektiven
- Gasturbinen, Analyse des offenen und geschlossenen Gasturbinenprozesses, realer Prozess, Gas- und Dampf-Kombiprozesse
- Regenerative Energien, Aufbau und Betrieb von Wasser-, Wind-, und Solarkraftwerken, energetische Analysen, Energiespeichertechnologien, internationaler Vergleich von Entwicklungsszenarien

In der Lehrveranstaltung Berechnung regenerativer Systeme erwerben die Studierenden detailliertes Wissen über folgende Teilgebiete:

- Transport- und Verteilnetze, Spannungshaltung und Stabilität, Modellbildung, Ersatzkonstanten, Kompensationsanlagen
- Umspannwerke und Schaltanlagen, Bauarten
- Energieverteilungsnetze, Aufgabenstellung für die Netzbetriebsführung, Anforderungen an die Betriebsgrößen sowie deren Berechnung für unverzweigte und verzweigte Leitungen und vermaschte Netze, Betriebsgrößen bei Laststromvorgabe, Stromiteration bei Leistungsvorgabe
- Störungen in Stromversorgungsnetzen, Fehlerarten, Systemerdung, dreipoliger Kurzschluss, unsymmetrische Fehler, Kurzschlussstromberechnung
- Zuverlässigkeit von Stromversorgungsnetzen
- Grundlagen für die Berechnung regenerativer Energiesysteme

### Literatur

- Oeding, D; Oswald, B.R.; Elektrische Kraftwerke und Netze Springer Verlag
- Strauß, K; Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, regenerativer und nuklearer Energiequellen, Springer Verlag
- Schwab, A: Elektroenergiesysteme. Springer Verlag
- Flosdorff, R; Hilgarth, G: Elektrische Energieversorgung. Teubner Verlag

### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 min.

### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET
- Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen

Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Dynamik &amp; Regelung elektrischer Antriebe, EMV in der Energietechnik</b>	4132

Konto	Pflichtmodule PFL für EET
-------	---------------------------

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

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41321	VÜ	Dynamik & Regelung elektrischer Antriebe I	Pflicht	2
41322	VÜ	Dynamik & Regelung elektrischer Antriebe II	Pflicht	4
41323	VÜ	EMV in der Energietechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>8</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. im Modul „Elektrische Maschinen und Antriebe für Electric Mobility“ vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlernen die Grundbegriffe von elektromechanisch gekoppelten Systemen. Sie können elektrischen Maschinen in unterschiedlichen Koordinatensystemen mathematisch beschreiben. Die Studierenden verfügen außerdem über Kenntnisse des dynamischen Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen (Schnellhochlauf, Laststoß, Stoßkurzschluss) und lernen unterschiedliche Regelungskonzepte für elektrische Antriebe (Kaskadenregelung, feldorientierte Regelung) kennen. Ergänzende Kenntnisse zu leistungselektronischen Stellgliedern und Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) bei elektrischen und elektronischen Systemen runden die Vorlesung ab.
Inhalt
Lehrveranstaltung „Dynamik und Regelung elektrischer Antriebe I“  Zu Beginn dieser Veranstaltung wiederholen die Studierenden physikalische Grundlagen, die für das Verständnis von Antriebsregelungen notwendig sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamisches Grundgesetz und Bewegungsgleichungen</li> <li>• Stabilität</li> <li>• Massenträgheitsmomente</li> </ul>

- Einfache Getriebe
- Leistung und Energie bei Drehbewegungen
- Langsame Drehzahländerungen
- Wärmemengen beim Anfahren und Bremsen

Für ein besseres Verständnis der zu vermittelnden Inhalte wird zunächst das dynamische Verhalten von Gleichstrommaschinen näher analysiert:

Gleichungssystem für den dynamischen Betrieb (Zeitkonstanten, Strukturbild) fremderregte, Gleichstrommaschine (allgemeine Struktur, Führungsverhalten, Störverhalten, aperiodischer Grenzfall)

- Gleichstromnebenschlussmaschine (dynamischer Hochlauf)
- Kaskadenregelung einer Gleichstrommaschine (PI-Regler, Blockschaltbild und Übertragungsfunktion)
- Drehzahlregelkreis und Stromregelkreis
- Dynamischer Hochlauf und Reversieren

Anschließend werden die Studierenden mit dem Begriff der Raumzeigertheorie für Drehfeldmaschinen bekannt gemacht:

- Voraussetzungen
- Umwandlung einer dreisträngigen in eine zweisträngige Maschine
- Umwandlung eines zweisträngigen Systems auf ein beliebig rotierendes Koordinatensystem
- Transformationsmatrizen
- Flussverkettungen, Spannungsgleichungen und Drehmoment im beliebig rotierenden System

Die Methoden der Raumzeigertheorie werden nun auf das dynamische Verhalten der Asynchronmaschine angewendet:

- Gleichungssystem
- Schneller Hochlauf und Laststoß
- Vergleich von dynamischer und stationärer Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie
- Feldorientiertes Koordinatensystem für die Asynchronmaschine
- Strukturbild der Asynchronmaschine in feldorientierten Koordinaten
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine mit eingepprägten Statorströmen
- Flussmodell
- Strukturbild der Regelung
- Dynamischer Hochlauf der Asynchronmaschine
- Vergleich mit dem dynamischen Hochlauf am starren Netz
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine mit eingepprägten Statorspannungen
- Entkopplungsnetzwerk
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine ohne mechanischen Sensor

Lehrveranstaltung „Dynamik und Regelung elektrischer Antriebe II“:

Im direkten Anschluss an den ersten Teil der Vorlesung transferieren die Studierenden ihr erworbenes Wissen über Raumzeiger und Maschinendynamik von Asynchronmaschinen auf das dynamische Verhalten der Synchronmaschine:

- Beschreibung des stationären Betriebs der Vollpol-Synchronmaschine mittels der Raumzeigertheorie
- Stoßkurzschluss der Vollpolmaschine
- Gleichungssystem
- Grenzwertbetrachtungen für Ströme und Drehmoment
- Zeitkonstanten
- Zeitfunktionen bei Schalten im Spannungsmaximum und im Spannungsnulldurchgang
- Physikalische Erklärung des Stoßkurzschlusses
- Beschreibung des stationären Betriebs der Schenkelpol-Synchronmaschine mittels der Raumzeigertheorie
- Bestimmung von Längs- und Quersfeldreaktanzen
- Stoßkurzschluss der Schenkelpolmaschine (analytische und numerische Lösung)
- Transienter Betrieb der Schenkelpolmaschine

Anschließend wird ein technisch besonders relevanter Spezialfall der Synchronmaschine – der permanenterrregte Synchronmotor mit Polradlagegeber – näher herausgehoben und untersucht:

- Wirkungsweise
- Dynamisches Gleichungssystem
- Stationäres Betriebsverhalten
- Betriebsarten

Ein kurzer Ausblick zu leistungselektronischen Stellgliedern für Gleichstrommaschinen, Asynchronmaschinen und Synchronmaschinen rundet die zuvor behandelten Themen ab.

Lehrveranstaltung „EMV in der Energietechnik“:

Im dritten Teil der Vorlesung werden die Studierenden mit Fragestellungen zur „elektromagnetischen Verträglichkeit“ (EMV) mit speziellem Fokus auf die Energietechnik vertraut gemacht:

- Niederfrequente, leitungsgeführte Störungen
- Entstehung von Störsignalen, Oberschwingungen und Zwischenharmonischen
- Messung und Bewertung von Netzzrückwirkungen
- Entwurfskriterien von Netzfiltern
- Untersuchung spezieller Schaltungen

#### Literatur

Literatur zu Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik I“:

- D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“, UniBw München, EAA, 2010
- G. Pfaff: „Regelung elektrischer Antriebe I und II“, Oldenbourg Verlag, München, 1994

**Literatur zu Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik II“:**

- D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“, UniBw München, EAA, 2010
- D. Schröder: „Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen“, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2009

**Literatur zu Lehrveranstaltung „EMV in der Energietechnik“:**

- W. Zeng: Vorlesungsskript „EMV in der Energietechnik“, UniBw München, EAA, 2011
- A.J. Schwab, W. Kürner: „Elektromagnetische Verträglichkeit“, 6.Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 2011

**Leistungsnachweis**

Gesamtmodul: sP-130

- Anteil ARA (I+II): sP-90
- Anteil EMV: sP-40

Für die Modulnote werden die Leistungen der Lehrveranstaltungen ARA (I+II) und EMV im Verhältnis 3:1 gewertet.

**Verwendbarkeit**

- Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET.
- Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung SKE.

**Dauer und Häufigkeit**

3, in jedem WT (Beginnend mit ARA I)

Modulname	Modulnummer
Systeme der Leistungselektronik	4133

Konto	Pflichtmodule PFL für EET
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Brückner	Pflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41331	VÜ	Systeme der Leistungselektronik	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse des Moduls "Grundlagen der Leistungselektronik"
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über Anwendungsbereiche und -typ.</li> <li>• Eigenschaften leistungselektronischer Systeme,</li> <li>• selbständiges Erfassen der typischen Grundstrukturen,</li> <li>• selbständiges Erkennen technischer Probleme in Planung und Realisierung,</li> <li>• Fähigkeiten zur Analyse und grundlegenden Dimensionierung leistungselektronischer Systeme.</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungsgebiete und Entwicklungstrends: Grundstrukturen leistungselektronischer Systeme, Anforderungen und Designaspekte,</li> <li>• Leistungsteile: Anforderungen, Elektrische Schnittstellen, Komponenten und Modularisierung, Sicherheit und Störfallbehandlung,</li> <li>• Leistungshalbleiter: Aufbau- und Verbindungstechnik, thermische und elektrische Auslegung, Zuverlässigkeit, Verhalten in Fehlerfällen und Ansteuerung,</li> <li>• Steuer- und Regelverfahren für selbstgeführte Stromrichter: Pulsweitenmodulation, Raumzeigermodulation, direkte Regelverfahren,</li> <li>• Multilevel-Stromrichter und deren Anwendungen: Synthese von Multilevel-Strukturen, Neutral-Point-Clamped (NPC)- und Flying Capacitor (FC)-Schaltungen, Modulare Multilevel (MMC)-Stromrichter,</li> <li>• Leistungselektronische Systeme für Stromversorgungen,</li> <li>• Leistungselektronische Systeme für Antriebszwecke,</li> <li>• Leistungselektronische Systeme für die Energieübertragung und -verteilung.</li> </ul>

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bernet: Selbstgeführte Stromrichter am GS-Zwischenkreis, Springer 2012</li><li>• Lutz: Halbleiter-Leistungsbaulemente, Springer 2012</li><li>• Mohan/Undeland/Robbins: "Power Electronics", Wiley 2003</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Min.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET</li><li>• Pflichtmodul im Masterstudiengang ME</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem Wintersemester



Modulname	Modulnummer
Sensorik und Elektrische Messtechnik	4134

Konto	Pflichtmodule PFL für EET
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Pflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41341	VÜ	Sensorik und Elektrische Messtechnik	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse der Messtechnik.
Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis für die Anforderungen, den Aufbau und die Funktionsweise von Sensoren für nichtelektrische Größen für verschiedene Anwendungsbereiche (Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik, intelligente und energieeffiziente Gebäudetechnik, etc.).</p> <p>Die Studierenden verstehen die Details des systemischen Zusammenwirkens von Sensorik und Elektrischer Messtechnik und können Messverfahren und Messsysteme eigenständig analysieren.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, applikationsabhängige Messprobleme durch Auswahl geeigneter Sensoren zu lösen und anforderungsgerechte Messsysteme auszuwählen bzw. entsprechend zu dimensionieren.</p> <p>Die Studierenden können die Grenzen des sinnvollen praktischen Einsatzes der behandelten Sensoren und Messverfahren abschätzen und die zu erwartenden Messunsicherheiten ermitteln.</p>
Inhalt
<p>Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit den physikalischen Effekten und dem Aufbau von in der messtechnischen Praxis unerlässlichen Sensoren und gibt zudem einen kurzen Einblick in die sich rasant entwickelnde Welt der „Mikro- und Nanosensorik“. Beispielsweise müssen in der Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik, der intelligenten Gebäudetechnik, etc. zahlreiche nichtelektrische Größen wie Temperatur, Wärmemenge, Wärmestrom, Weg, Winkel,</p>

<p>Beschleunigung, Kraft, Druck, Drehmoment, Durchfluss, Drehzahl, Geschwindigkeit, Gaszusammensetzung und -konzentration, pH-Wert, etc. erfasst werden. Die in der Lehrveranstaltung ebenfalls behandelte akustische und optische Messtechnik hat zudem einen unmittelbaren Zusammenhang mit dem menschlichen Hören und Sehen. Sensoren liefern elektrische Signale, aus denen dann Messwerte und Messergebnisse mithilfe von geeigneten Messverfahren bestimmt werden können. Bei der Auswahl des Sensors und der Festlegung der Konzeption des gesamten Mess-Systems für eine bestimmte Anwendung spielen die erzielbare Sensitivität und Selektivität sowie die statischen und dynamischen Eigenschaften entscheidende Rollen. In der Lehrveranstaltung werden diese Aspekte in Theorie und Praxis behandelt. Darüber hinaus werden auch Maßnahmen und Ansätze besprochen, die nachteilige Einflüsse wie beispielsweise Temperatur(quer)empfindlichkeiten, Rauschen, Fertigungsstreuungen und Alterungseffekte reduzieren sowie eine geringe Messunsicherheit garantieren helfen.</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Schrüfer, L. Reindl, B. Zagar: Elektrische Messtechnik. Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen, 12. Auflage, Carl Hanser Verlag, 2018</li> <li>• U. Kiencke, R. Eger: Messtechnik, Systemtheorie für Elektrotechniker, 7. Aufl., Springer, 2008</li> <li>• M. Möser: Messtechnik der Akustik, Springer, 2010</li> <li>• J. Niebuhr, G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren, 6. Auflage, Vulkan-Verlag GmbH, 2011</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p>
<p>Schriftliche Prüfung 90 Min. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Folgetrimesters.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET</li> <li>• Pflichtmodul im Masterstudiengang ME</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF</li> </ul>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p>
<p>1 Trimester, in jedem Herbsttrimester</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik</b>	1282

Konto	WPFL Vertiefungen für EET
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12821	OS	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse im jeweils zu bearbeitenden Themengebiet.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen die grundlegende Arbeitsweise zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen durch die konkrete Bearbeitung einer Problemstellung und die aktive Teilnahme an Fachdiskussionen zu anderen Aufgabenstellungen kennen.

Die Studierenden sind in der Lage, (mess-)technische Problemstellungen zu analysieren und mithilfe von ingenieurwissenschaftlichem Denken und Handeln zielgerichtet zu lösen.

Die Studierenden haben vertiefte theoretische und praktische Kenntnisse im jeweils bearbeiteten Aufgabengebiet und besitzen verbesserte Fertigkeiten im Umgang mit problemorientierten Bearbeitungstools (eingesetzte Geräte, Software, etc.).

#### Inhalt

Das Oberseminar vertieft praxisnah das Verständnis für verschiedene Themengebiete der Sensorik und Messtechnik aus allen Anwendungsbereichen von beispielsweise der Consumer-Elektronik oder der Automobil- und Luftfahrttechnik über klimarelevante Fragestellungen bis hin zur Medizintechnik. Die Behandlung von vorgegebenen oder durch die Studierenden selbst vorgeschlagenen Themen ist auf theoretischer oder simulationstechnischer Basis ebenso möglich wie durch den Bau bzw. Untersuchung von Prototypen. Die von den Studierenden erarbeiteten Ergebnisse und Lösungen werden im Rahmen des Oberseminars präsentiert und zur wissenschaftlichen Diskussion gestellt.

Die auf diese Weise erworbenen Fähigkeiten können auch im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten (insbesondere Masterarbeit) nutzbringend eingesetzt werden.
<b>Literatur</b>
Je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Wird individuell bekannt gegeben.
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (Portfolioprüfung, laufende Mitarbeit (10%), 60 min Zwischenbesprechungen (20%), 30 min Präsentation und wissenschaftliche Diskussion (70%) )
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
Grundlagen der Blitzschutztechnik	1369

Konto	WPFL Vertiefungen für EET
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Fridolin Heidler	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13691	VÜ	Grundlagen der Blitzschutztechnik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

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

Bachelor-Vorlesung „Hochspannungstechnik und Elektrische Anlagen“.

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

- Erlernen der physikalischen Zusammenhänge, die zur Gewitterbildung und zum Entstehen eines Blitzes führen.
- Erlernen der Störgrößen, die bei einer Blitzentladung bedeutsam sind.
- Erlernen der Allgemeinen Grundsätze des Blitzschutzes nach VDE 0185-305-1
- Erlernen der wichtigsten Maßnahmen, nach denen eine Blitzschutzanlage nach VDE 0185-305-3 ausgelegt wird.
- Erlernen der wichtigsten Maßnahmen zum Schutz der Elektronik nach VDE 0185-305-4.
- Erlernen der Prüfgeneratoren und Prüfverfahren.
- Erlernen der Grundlagen zur Auslegung der Prüfgeneratoren
- Erlernen der Ausgleichsvorgänge bei Blitzschlag in (Hochspannungs-) Leitungen

Inhalt
--------

- Historie der Blitzforschung
- Globale Gewittereinflüsse, Ladungsträgertrennung in der Atmosphäre, Entstehung und Aufbau von Gewitterzellen, Gewitterhäufigkeit und Einschlagwahrscheinlichkeit
- Entstehung von Blitzen, Unterscheidung der Blitze nach Polarität und Richtung des Entladungsvorgangs, multiple Blitzentladung
- Elektrostatisches Gewitterfeld, elektrisches und magnetisches Blitzfeld, Rechenmodelle
- Schutzraumbestimmung mit dem Blitzkugel- und Schutzwinkel-Verfahren
- Blitzstrom und seine Komponenten, Verankerung der kurzzeitigen Stoßströme und der lang anhaltenden Langzeitströme in der Normung
- Wirkungsparameter des Blitzstroms
- Erdung und Erdungswiderstand

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blitzschutzanlage, Einteilung in äußere Blitzschutzanlage bestehend aus Fangeinrichtung, Ableitungsanlage sowie Erdungsanlage und innere Blitzschutzanlage bestehend aus Maßnahmen zum Potentialausgleich und zur Einhaltung der Trennungsabstände.</li> <li>• Blitzströme auf den Leitungen der Blitzschutzanlage und den Versorgungsleitungen.</li> <li>• Grundlagen des Schutzes elektrischer und elektronischer Systeme, Blitzschutzkonzept, maximal zulässige Störgrößen in den Blitzschutzkonzepten</li> <li>• Schirmung von Gebäuden und Räumen, Schirmung von Kabeln, metallenes Schirmrohr.</li> <li>• Klassifizierung der Ableiter nach Typ, Aufbau und Einsatz.</li> <li>• Prüfgenerator mit und ohne Crowbar- Schalter, Prüfgenerator für Blitzlangzeitströme, Hybridgenerator</li> <li>• Prüfverfahren</li> <li>• Entstehung, Charakterisierung und Ausbreitung von (Blitz-)Überspannungen auf (Hochspannung)-Leitungen</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heidler, F., Stimper, K: "Blitz und Blitzschutz". 1. Auflage, VDE-Schriftenreihe 128. Berlin, VDE-Verlag, 2009</li> <li>• Hasse, P., Wiesinger, J., Zischank, W.: "Handbuch für Blitzschutz und Erdung". 5. Auflage. München, Pflaum Verlag, 2006</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 75 Min.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Wintertrimester

Modulname	Modulnummer
<b>Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik</b>	4135

Konto	WPFL Vertiefungen für EET
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Thomas Weyh	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41351	VÜ	Sicherheit in der Energieversorgung	Wahlpflicht	3
4135-V2	VÜ	Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
keine

Qualifikationsziele
<p>Im ersten Teil des Moduls (Sicherheit in der Energieversorgung) erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fakten zur gegenwärtigen und zukünftigen Energiebereitstellung</li> <li>• Nachhaltigkeitskriterien und Strategien zur Sicherstellung der Energieversorgung</li> <li>• die Sensitivität der Stromgestehungskosten regenerativer Energieerzeugung</li> <li>• grundlegende Mechanismen zur Festlegung von Börsenstrompreisen, unterstützt durch ein Börsensimulationstool</li> </ul> <p>Im zweiten Teil des Moduls (Gleichstromübertragungssysteme in der Energietechnik) erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die technischen Systeme zur Übertragung großer Energien mit HVDC-Systemen</li> <li>• die Anforderungen und den Aufbau von Umrichterstationen</li> <li>• die Dimensionierung und Auslegung von HVDC-Systemen</li> <li>• die Einbindung moderner HVDC-Systeme in AC-Verbundnetze</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieversorgungssysteme anhand unterschiedlicher Kriterien zu bewerten</li> <li>• Sensitivitätsanalysen zu Stromgestehungskosten regenerativer Energien durchzuführen</li> <li>• die Mengen- und Preisfestsetzung einer Börsenauktion im Grundsatz zu ermitteln</li> <li>• anhand der physikalischen Grundlagen Verlustberechnungen durchzuführen</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Leistungsfähigkeit von AC- und DC-Systemen in Abhängigkeit der Übertragungsentfernung und der -leistung zu vergleichen</li> <li>• geeignete Umrichtertopologien für bestimmte Anforderungen auszuwählen</li> </ul>
<b>Inhalt</b>
<p>In der Lehrveranstaltung „Sicherheit in der Energieversorgung“ erwerben die Studierenden vertiefendes Wissen zu den folgenden Teilgebieten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Globale und regionale Strategien zur Sicherstellung der (elektrischen) Energieversorgung, Nachhaltigkeitskriterien</li> <li>• Berechnung der Stromgestehungskosten regenerativer Energiesysteme</li> <li>• Unterschiedliche Möglichkeiten für den Handel mit Strom</li> <li>• Ablauf eines Handelstages mit Strom anhand einer Börsensimulation</li> <li>• Mengen- und Preisfestsetzung bei einer simulierten Börsenauktion</li> </ul> <p>In der Lehrveranstaltung „Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik“ erwerben die Studierenden vertiefendes Wissen zu den folgenden Teilgebieten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Grundlagen zur Verlustberechnung von AC- und DCÜbertragungssystemen</li> <li>• Vergleich von DC- und Drehstromleitungen und -kabeln</li> <li>• Aufbau von Hochleistungs-Umrichterstationen; Filteranlagen, Umrichtertrafos, Halbleiterumrichter</li> <li>• Vergleich verschiedener Umrichtertopologien (Thyristor-basiert; IGBT-basiert)</li> <li>• Notwendigkeit und Einsatz von HVDC-Systemen im Kontext der Energiewende</li> <li>• Betrachtung ausgewählter Anlagen, Diskussion weltweiter Projekte z.B. DESERTEC</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
schriftliche Prüfung mit 90 Minuten
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, nur im Herbsttrimester



Modulname	Modulnummer
Regelung für energietechnische Systeme	6058

Konto	WPFL Vertiefungen für EET
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60581	VÜ	Regelung für energietechnische Systeme	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der Ingenieurmathematik, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang erworben werden.

Grundkenntnisse der Elektrotechnik, wie sie beispielsweise in den Bachelor-Modulen „Grundlagen der Elektrotechnik I + II“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.

Grundkenntnisse über dynamische Systeme und Regelungstechnik, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Regelungstechnik“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.

Grundkenntnisse über elektrische Maschinen, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Einführung in Electric Mobility: Grundlagen elektrischer Maschinen“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden sind in der Lage, wichtige Spielarten elektrischer Antriebe und Teilsysteme der elektrischen Energieversorgung aus dem Blickwinkel der dynamischen Systeme analytisch zu betrachten.

Sie verstehen die nichtlineare, Zustandsraum-basierte Modellierung von Synchron- und Asynchronmaschinen.

Sie verstehen, wie moderne Regelungskonzepte wie die Zwei-Freiheitsgrade-Regelung, Feedback-cancellation, Eingangs-Ausgangs-linearisierende Regler und Zustandsbeobachter gewinnbringend eingesetzt werden können, um Synchron- und Asynchronmaschinen mit hoher Performanz zu regeln. Da sich die Studierenden im

<p>Verlauf dieses Moduls simultan mit modernen Regelungskonzepten und ihrer Anwendung auseinandersetzen, besitzen sie nach der Bewältigung dieses Moduls ein gleichzeitig vertieftes und praxisnahes Verständnis dieser Konzepte.</p> <p>Sie verstehen den Beitrag von Synchrongeneratoren zur Synchronisation und Polradwinkel-Stabilität elektrischer Wechselstromnetze.</p>
<b>Inhalt</b>
<p>In diesem Modul lernen die Studierenden, elektrische Antriebe und Teilsysteme der elektrischen Energieversorgung aus dem Blickwinkel der dynamischen Systeme zu betrachten.</p> <p>Sie werden mit modernen Regelungskonzepten vertraut gemacht, indem sie direkt deren Anwendung bei der hochperformanten Regelung von elektrischen Antrieben kennenlernen. Insbesondere lernen sie so die Konzepte der Zwei-Freiheitsgrade-Regelung, der Feedback-cancellation, des Eingangs-Ausgangs-linearisierenden Reglers und der Zustandsbeobachtung kennen.</p> <p>Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Synchronisation und die Stabilität von elektrischen Netzen, in die elektrische Leistung durch Synchrongeneratoren eingespeist wird.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• John Chiasson: Modeling and High-Performance Control of Electric Machines, IEEE Press, 2005</li> <li>• Schwab: Elektroenergiesysteme, Springer Verlag, 2012</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET, Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, nur im Frühjahrstrimester

Modulname	Modulnummer
<b>Elektrische Antriebe für Satelliten</b>	6066

Konto	WPFL Vertiefungen für EET
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	5

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60661	V/Ü/P	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, wie im B.Sc. Studium vermittelt.

#### Qualifikationsziele

Der/die Studierende erwirbt die Kompetenz nach erfolgreichem Besuch dieses Kurses in der Lage zu sein, die Probleme der Antriebstechnik als Teil eines Gesamtsystems zu sehen und einzuordnen. Er/sie wird in die Lage versetzt mit Grundbegriffen der Satellitenantriebstechnik umgehen zu können und die Unterschiede verschiedener Systeme zu erkennen und bewerten. Die Studierenden können Missionsgrundlagen bewerten und auf Basis dieser Bewertung qualifizierte Entscheidungen für die Definition der Randbedingungen für ein Antriebssystem durchführen. Der Satellitenantrieb als Beispiel für eine technologische Entwicklung, die durch bestimmte Randparameter, wie Gewicht, Lebensdauer, Energieverbrauch, Schubanforderungen, eingegrenzt wird, ist typisch für eine industrielle Entwicklung. Es werden die Grundlagen dafür gelegt, eine solche Aufgabe zu lösen, und selbstständig das bestmögliche System für eine bestimmte Anwendung zu finden.

Dieser Studiengang erweitert das physikalische Basiswissen der Studenten in den Bereich der Plasmaphysik, und erweitert den Horizont der EIT Studenten in Bezug auf die Transparenz der Ingenieurwissenschaften. Es wird gezeigt, wie sehr die Elektrotechnik auch z. B. Teil der Raumfahrttechnik ist.

#### Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen und Technologien auf dem Gebiet der elektrischen Satellitenantriebe bekannt gemacht. Dieses beinhaltet auch die Grundlagen zur Analyse von Raumfahrtmissionen. Sie erhalten Kenntnisse zum

Einsatz dieses Wissens und zur Methodik der Auswahl geeigneter Antriebssysteme für spezielle Missionsanforderungen.

- Sie erhalten eine Einführung in grundlegende Begriffe der Antriebstechnik
- Auf Basis dieser Grundlagen werden in exemplarischer Weise Fragestellungen zur Missionsdurchführung eingeführt.
- Anhand von Beispielen einfacher chemischer Antriebstechnik lernen die Studierenden theoretische Ansätze zur Evaluation der Funktionseffizienz eines Antriebssystems kennen.
- Die elektrische Antriebstechnik als Erweiterung der Möglichkeiten für Missionszenarien wird eingeführt.
- Verschiedenste Verfahren der elektrischen Antriebstechnik werden anhand exemplarischer Beispiele sowohl theoretisch als auch praktisch bekannt gemacht.
- Methodiken und Analyseverfahren zur Auswahl geeigneter Antriebssysteme werden vermittelt.
- An geeigneten Fragestellungen werden Kenntnisse zur Anwendung der Auswahlverfahren abhängig von Missionsparametern trainiert.

Basierend auf vertieftem plasmaphysikalischen Verständnis und dem Verstehen und Erlernen von Grundbegriffen der Antriebstechnik werden Kompetenzen und Methoden für selbstständige Berechnung und Dimensionierung elektrischer Antriebssysteme für spezielle Raumfahrtmissionen vermittelt.

#### Literatur

- R.G. Jahn: Physics of electric propulsion, 9780486450407, 2006, Dover Publication
- D. Goebel, I. Katz, Electric Propulsion 9780470429273, 2022 John Wiley & Sons

#### Leistungsnachweis

Mündliche Modulprüfung (30 min)

#### Verwendbarkeit

- „Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung SKE“
- „Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung EET“
- „Wahlpflichtmodul MINT“

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>FEM in der Antriebstechnik</b>	1223

Konto	WPFL Simulation für EET
-------	-------------------------

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12231	VL	FEM in der Antriebstechnik I (Theorie)	Pflicht	2
12232	UE	FEM in der Antriebstechnik II (Anwendungen)	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlangen Kenntnisse über numerische Berechnungsverfahren mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente (FEM). Sie erhalten eine Einführung in spezielle FEM-Software-Produkte wie ANSYS oder OPERA. Die Studierenden lernen, Lösungsstrategien für elektromagnetische, thermische und akustische Problemstellungen zu entwickeln. Sie werden in die Lage versetzt, Ergebnisse aus numerischen Berechnungen zu beurteilen und darzustellen.
Inhalt
Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Methode der Finiten Elemente (FEM). Sie verstehen die Bedeutung und die Relevanz der Maxwell'schen Gleichungen für technische Aufgabenstellungen. Die Studierenden lernen, verschiedene FEM-Software-Produkte wie ANSYS oder OPERA anzuwenden. Darunter fallen folgende Fertigkeiten:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung des magnetischen Kreises von elektrischen Maschinen</li> <li>• Berechnung von Temperaturverläufen in elektrischen Maschinen</li> <li>• Modellbildung</li> <li>• Erstellung des Gitternetzes</li> <li>• Berücksichtigung nichtlinearer Materialeigenschaften</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung wichtiger Auslegungsgrößen (Induktion, Drehmoment, Erwärmung)</li> </ul> <p>Das erworbene Wissen wird anhand von konkreten Anwendungsbeispielen von hochausgenutzten elektrischen Maschinen für Elektrofahrzeuge geübt und vertieft, wie z.B. den permanenten Synchronmaschinen oder den geschalteten Reluktanzmaschinen.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Dajaku: Vorlesungsskript „FEM in der Antriebstechnik“, UniBw München, EAA, 2010</li> <li>• W. Schätzing: „FEM für Praktiker - Band 4: Elektrotechnik“, 2.Auflage, Expert-Verlag, Renningen, 2009</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
NoS (Portfolioprüfung, Bearbeitungszeit 2 Wochen: Prüfung: 30 min Klausur (25%), Simulationsprojekt bestehend aus der Erstellung einer eigenständigen Simulation in dem behandelten FEM-Tool (75% )
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET.</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Simulation leistungselektronischer Systeme</b>	1446

Konto	WPFL Simulation für EET
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Brückner	Wahlpflicht	4

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14461	SE	Simulation leistungselektronischer Systeme	Wahlpflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse des Moduls "Grundlagen der Leistungselektronik"</li> <li>• Kenntnisse des Moduls "Systeme der Leistungselektronik"</li> </ul>
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über Anwendungsbereiche, Möglichkeiten und Grenzen von Simulationen leistungselektronischer Systeme,</li> <li>• selbständiges Erfassen der technischen Fragestellung und Auswahl der geeigneten Modellierungsebene und Simulations-Tools,</li> <li>• Fähigkeiten zum Aufbau multidimensionaler Simulationen und zur Bewertung der Ergebnisse.</li> </ul>
Inhalt
<p>Im Einführungsteil werden die theoretischen Grundlagen der Systemsimulation behandelt und u.a. folgende Aspekte adressiert:</p> <p>Warum Simulation leistungselektronischer Systeme?</p> <p>Aufgabenbezogene Modellbildung und Modellierungstiefe, Tools für die Systemsimulation: MATLAB, SIMULINK, PLECS, Grundlagen der Simulation kontinuierlicher Systeme und Besonderheiten leistungselektronischer Systeme,</p> <p>Modellierung und Simulation elektrischer, thermischer, magnetischer und mechanischer Komponenten.</p>

Im praktischen Teil bearbeiten die Studierenden selbständig Anwendungsbeispiele (vom Gleichspannungswandler zum dreiphasigen Wechselrichter inkl. Systemumgebung) und stellen die Ergebnisse in der Klasse vor.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Angermann: „MATLAB-Simulink-Stateflow“, 5. Auflage, Oldenbourg, 2007</li><li>• W. Pietruszka, „MATLAB und Simulink in der Ingenieurpraxis“, 3. Auflage, Vieweg, 2012</li><li>• PLECS User Manual, Plexim GmbH, 2019</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (Portfolio, Bearbeitungszeitraum drei bis sechs Wochen). Die Leistungspunkte werden durch die selbständige Bearbeitung eines Simulationsprojektes erworben, Simulationsmodell (Multi-Domain-Modellierung und -Simulation eines dreiphasigen Wechselrichters mittels des Simulationstools PLECS, 50%) und ca. 15-seitige Ausarbeitung (50%)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung EET</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT



Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Numerische Simulation in der Technik</b>	1493

Konto	WPFL Simulation für EET
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Mathias Richter	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14931	P	Praktikum: Numerische Simulation in der Technik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Den Modulen Mathematik I-III sowie dem Modul Ingenieurinformatik entsprechende Vorkenntnisse.
Qualifikationsziele
Die Studentinnen und Studenten können Matlab oder eine vergleichbare Programmierumgebung zum Durchführen numerischer oder statistischer Simulationsrechnungen und zur graphischen Aufbereitung der Simulationsergebnisse einsetzen. Sie erwerben die Fähigkeit, Bausteine numerischer Lösungsmethoden (etwa zur Nullstellenberechnung, zur Optimierung, zur Datenanalyse oder zum Lösen von Differentialgleichungen) zu komplexeren Anwendungscodes zusammzusetzen. Sie sind in der Lage, die Zuverlässigkeit der berechneten Simulationsergebnisse einzuschätzen.
Inhalt
Zwei in sich abgeschlossene Problemstellungen aus einer technischen Anwendung werden vorgegeben, etwa aus der Regelungstechnik, der Mechanik, der Signalverarbeitung oder der medizinischen Bildverarbeitung – individuelle Präferenzen der Studierenden können hierbei berücksichtigt werden. Zunächst wird ein mathematisches Modell erstellt. Anschließend ist ein Lösungsverfahren zu entwerfen und ein Algorithmus zu formulieren. Eine Implementierung in der vorgegebenen Programmierumgebung ist zu erstellen und auf die Problemstellung anzuwenden. Die Validität der errechneten Lösungen ist zu überprüfen und die Resultate sind in geeigneter Form – auch graphisch – darzustellen.
Literatur
Wird je zur konkreten Aufgabenstellung passend angegeben.

<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (Portfolioprüfung; Ausarbeitung zur Lösung der schriftlichen Praktikumsaufgaben im Umfang von 5-10 Seiten (Gewichtung mit 1/3); Abgabe (in elektronischer Form) von funktionsfähigem und effizientem Programmcode als Lösung der gestellten Programmieraufgaben (Gewichtung mit 2/3) ). Der Bearbeitungszeitraum kann frei eingeteilt werden und beträgt 5 bis 10 Wochen. Für den Umfang des zu erstellenden Programmcodes kann ein Richtwert von 10 Seiten angegeben werden, die tatsächliche Länge wird individuell je nach Programmierstil unterschiedlich sein.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen, Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT oder unregelmäßig

Modulname	Modulnummer
Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW	1924

Konto	WPFL Simulation für EET
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Wahlpflicht	1

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19241	OS	Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW Oberseminar	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse in MATLAB oder LabVIEW.
Qualifikationsziele
Die Studierenden lernen die grundlegende Arbeitsweise zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen durch die konkrete Bearbeitung einer Problemstellung und die aktive Teilnahme an Fachdiskussionen zu anderen Aufgabenstellungen kennen.
Die Studierenden haben verbesserte Fertigkeiten bei der problemorientierten Anwendung und dem praktischen Umgang mit MATLAB oder LabVIEW sowie vertiefte Kenntnisse im jeweils bearbeiteten Aufgabengebiet.
Die Studierenden können ingenieurwissenschaftliche Aufgabenstellungen analysieren und durch Einsatz von MATLAB oder LabVIEW zielgerichtet lösen.
Inhalt
Das Softwarepaket MATLAB wird weltweit standardmäßig sowohl im akademischen Umfeld als auch in der Industrie eingesetzt und zählt zum Handwerkszeug jedes Ingenieurs. Ähnliches gilt für das Softwarepaket LabVIEW insbesondere für die Messdatenerfassung und die Steuerung von automatisierten Mess-Systemen. Im Oberseminar arbeiten die Teilnehmer als Einzelperson oder in Kleingruppen an der praxisnahen Anwendung von MATLAB oder LabVIEW in verschiedenen vorgegebenen oder von den Studierenden selbst vorgeschlagenen Aufgabenstellungen in unterschiedlichsten Bereichen (Automobil- und Luftfahrttechnik, Automatisierungs-, Umwelt- und Sicherheitstechnik, Medizintechnik, Machine Learning und Machine Vision,

erneuerbare Energien, etc.). Die von den Studierenden konkret erzielten Ergebnisse und Lösungen werden im Rahmen des Oberseminars präsentiert und diskutiert.
<b>Literatur</b>
Je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Wird individuell bekannt gegeben.
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (Portfolioprüfung, Bearbeitungszeit 5-10 Wochen, laufende Mitarbeit (10%), 60 min Zwischenbesprechungen (20%), 30 min Präsentation und wissenschaftliche Diskussion (70%) )
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester und findet in jedem Trimester statt.

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Elektrische Antriebe</b>	1226

Konto	WPFL Praktika für EET
-------	-----------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	-	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12261	P	Praktikum Elektrische Antriebe	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen oder dem Modul „Praktikum: Elektrische Maschinen“ aus dem M.Sc.-Studiengang vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden vertiefen die theoretischen Grundlagen aus den Vorlesungen und werden in die Lage versetzt, diese praktisch anzuwenden. Sie erlangen Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an elektrischen Antrieben und bekommen einen Einblick in die Ingenieurpraxis.
Inhalt
Die Studierenden führen messtechnische Untersuchungen des dynamischen Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen durch. Folgende Antriebssysteme werden hierbei behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromrichter gesteuerte Antriebe</li> <li>• Gleichstromantrieb mit Umkehrstromrichter</li> <li>• Stromrichtermotor</li> <li>• Untersynchrone Kaskadenschaltungen</li> <li>• Drehstrommotor mit Zwischenkreisumrichter</li> <li>• Elektrische Servoantriebe</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Elektrische Maschinen und Antriebe“, UniBw München, EAA, 2010</li> <li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“, UniBw München, EAA, 2010</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• G. Pfaff: „Regelung elektrischer Antriebe I und II“, Oldenburg Verlag, München, 1994</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
NoS (Pf, Bearbeitungszeitraum 10 Wochen) mit 15 min Eingangstest (20%), 150 min Versuchsdurchführung (60%), 60 min Ausarbeitung (20%)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET.</li><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

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

Konto	WPFL Praktika für EET
-------	-----------------------

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

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

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden vertiefen die theoretischen Grundlagen aus den Vorlesungen und werden in die Lage versetzt, diese praktisch anzuwenden. Sie erlangen Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an elektrischen Maschinen und bekommen einen Einblick in die Ingenieurpraxis.
Inhalt
In diesem Modul werden die Studierenden mit den wichtigsten praktischen Versuchen und Messungen an elektrischen Maschinen vertraut gemacht: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie führen messtechnische Untersuchungen an den Grundtypen von elektrischen Maschinen durch</li> <li>• Die Studierenden lernen, wie man Parameter von elektrischen Maschinen bestimmt</li> <li>• Sie nehmen verschiedene Feldmessungen vor, wie z.B. Leerlauf-, Kurzschluss-, und Belastungsmessungen</li> <li>• Typische Betriebskennlinien werden aufgenommen</li> <li>• Die Studierenden analysieren unsymmetrische Schaltungen</li> <li>• Zum Abschluss werden Sondermaschinen demonstriert</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Elektrische Maschinen und Antriebe“, UniBw München, EAA, 2010</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>G. Müller, B. Ponick: „Grundlagen elektrischer Maschinen“, 9.Auflage, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2006</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
NoS (Pf, Bearbeitungszeitraum 10 Wochen) mit 15 min Eingangstest (20%), 150 min Versuchsdurch-führung (60%), 60 min Ausarbeitung (20%)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET.</li><li>Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem FT



Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Leistungselektronik</b>	1359

Konto	WPFL Praktika für EET
-------	-----------------------

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13591	P	Praktikum: Leistungselektronik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in leistungselektronischen Schaltungen, wie sie z.B. in einem der Module "Grundlagen der Leistungselektronik", "Schaltnetzteile – Design und Applikation" oder "Elektronik für Fahrzeugantriebe" aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung und Anwendung der erworbenen theoretischen Kenntnisse aus den Lehrveranstaltungen</li> <li>• Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an leistungselektronischen Systemen</li> <li>• Einblick in die Ingenieurpraxis.</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung von Grundschaltungen der Leistungselektronik, sowie der Charakterisierung der wichtigsten Bauelemente der Leistungselektronik</li> <li>• Einblick in die wesentlichen Entwicklungs- und Testwerkzeuge für leistungselektronische Schaltungen</li> <li>• Messtechnische Untersuchungen des dynamischen Betriebsverhaltens leistungselektronischer Schaltungen</li> <li>• Steuerung und Regelung von Gleichspannungswandlern und Wechselrichtern</li> <li>• Selbstständige Entwicklung einer elektronischen Schaltung inklusive Layout und Funktionstest.</li> </ul>
Literatur
Joachim Specovius, "Grundkurs Leistungselektronik", Springer Vieweg, Wiesbaden, 9. Aufl. 2018

Ulrich Schlienz, "Schaltnetzteile und ihre Peripherie", Vieweg Praxiswissen Verlag, Wiesbaden, 2007
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (Portfolioprüfung): Die Leistungspunkte werden durch die selbständige Bearbeitung der Praktikumsaufgaben sowie kurze Eingangstests erworben. (Portfolioprüfung über sechs Versuchstermine, Angaben jeweils pro Versuchstermin: 10 min. Eingangstest (20%), 180 min. Versuchsdurchführung (40%), 120 min. Ausarbeitung (40%))
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung EET</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Simulink für Hardware in the Loop</b>	1504

Konto	WPFL Praktika für EET
-------	-----------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	30	120	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15041	P	Simulink für Hardware in the Loop (HiL) Prüfstände	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulink-Basiswissen ist von Vorteil, aber nicht zwingend notwendig.</li> <li>• Bereitschaft zu eigenmotivierter aktiver Mitarbeit in kleinen Teams.</li> <li>• Wegen der auf die Studierenden zentrierten Ausrichtung muss die Teilnehmerzahl auf 9 begrenzt werden.</li> <li>• Kenntnisse der Steuerung/ Regelung von Systemen von Vorteil.</li> </ul>
Qualifikationsziele
Die Studierenden sollen die Programmierung mit Simulink und Stateflow erlernen. Es werden die Grundlagen von Hardware in the Loop Simulation vermittelt und Einblicke in die Ingenieurpraxis gegeben.
Inhalt
Die Studierenden werden im Rahmen des Praktikums am Beispiel von LEGO Mindstorm-Robotern in den Grundlagen der Verwendung von Simulink für HiL-Prüfstände unterrichtet. In der Präsenzphase werden sie über die Grundlagen aufgeklärt und erhalten die Prüfungsaufgabe. Aus einer vorgegebenen Menge an LEGO-Steinen, -Bau-elementen, -Sensoren und -Elektromotoren soll durch die Studierenden in kleinen Teams ein Roboter/eine Anlage aufgebaut und mittels Simulink programmiert werden, der/die in der Lage ist, die Prüfungsaufgabe zu erfüllen. In der Prüfung wird zunächst eine bekannte Prüfungsaufgabe gestellt. In einer zweiten Phase wird die Aufgabe leicht modifiziert und die Studierenden bekommen vor Ort die Gelegenheit, die notwendigen Modifikationen durchzuführen.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Angermann, M. Beuschel, M. Rau: „MATLAB-Simulink-Stateflow“, 5. Auflage, Oldenbourg, 2007</li> </ul>

- W. Pietruszka, „MATLAB und Simulink in der Ingenieurpraxis“, 3. Auflage, Vieweg, 2012
- M. Scholz, B. Jost, T. Leimbach, „Das EV3-Universum: Ein umfassender Einstieg in LEGO MINDSTORMS EV3 mit 8 spannenden Roboterprojekten“, 1. Auflage, Hüthig Jehle Rehm, 2014

**Leistungsnachweis**

NoS (Pf, Bearbeitungszeitraum 2-3 Wochen) mit 30 min Eingangstest (gemischt schriftlich und mündlich, 30%), 60 min praktische Prüfungsaufgabe (40%), 8-16 seitiger Abschlussbericht zum praktischen Prüfungsthema (30%)

**Verwendbarkeit**

Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen.

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, nur im Herbsttrimester

Modulname	Modulnummer
Praktikum Hochspannungstechnik	6055

Konto	WPFL Praktika für EET
-------	-----------------------

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

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60551	P	Praktikum Hochspannungstechnik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Bachelor-Vorlesung „Hochspannungstechnik und Elektrische Anlagen“.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlernen das verantwortungsbewusste Experimentieren mit hohen Spannungen und Strömen, die Prüftechnik zur Erzeugung hoher Spannungen und Ströme und die Methoden zur Auswertung von Versuchsergebnissen. Sie kennen die physikalischen Vorgänge bei unvollkommenen und vollkommenen Luftdurchschlägen, die Eigenschaften von Isoliermitteln, die Betriebsmittel und Schutzelemente in der Hochspannungstechnik. Sie erlernen die Messung und die Erzeugung hoher Gleichspannungen, Wechselspannungen und Stoßspannungen sowie hoher Ströme und die dazu benötigten Generatoren.
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erhalten einen Einblick in die allgemeine Hochspannungs-Versuchstechnik und die Betriebsmittel und Messverfahren bei Beanspruchungen mit Hochspannung.</li> <li>• Die Studierenden erlernen die Sicherheitsaspekte beim Experimentieren mit Hochspannungen.</li> <li>• Die Studierenden erlernen die Methoden zur Erzeugung und Messung hoher Gleich-, Wechsel- und Stoßspannung sowie hoher Stoßströme.</li> <li>• Die Studierenden erhalten Einblick in die Eigenschaften von Isolierstoffen bei Beanspruchung mit hohen Spannungen.</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beyer, M., Boeck, W., Möller, K., Zaengl, W.: "Hochspannungstechnik: Theoretische und praktische Grundlagen". Berlin, Springer Verlag, 1998,</li> <li>• Schwab, A.: "Hochspannungsmesstechnik", 2. Auflage. Berlin, Springer-Verlag, 1981</li> </ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (Portfolio: Teilprüfung über sicherheitsrelevante Erfordernisse der Hochspannungstechnik (20 min, Notengewicht: 10 %), 7 Versuche mit Eingangstest zu jedem Versuch in Form von Multiple choice Teilprüfungen (15 min pro Versuchstermin, Notengewicht: 40%) und Versuchsdurchführung (180 min pro Versuch, Notengewicht: 20%), je 4er Gruppe 6 Ausarbeitungen der Versuche (im Mittel 12 Seiten, Notengewicht: 30 %) bei einer Bearbeitungszeit von 2 Wochen)
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
<b>System on Chip Entwurf</b>	4136

Konto	Pflichtmodule PFL für SKE
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Pflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41361	VÜ	System on Chip Entwurf	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Qualifikationsziele
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul kennen die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktion und Algorithmen von Kernkomponenten moderner Kommunikationssysteme</li> <li>• moderne Prozessor- und Speicherarchitekturen</li> <li>• die Grundlagen des Hardware-Software Co-Designs</li> <li>• den Entwurf von dedizierten Hardwarebeschleunigern und deren Integration in ein Prozessorsystem</li> </ul>
Inhalt
<p>Die Komplexität heutiger Kommunikationssysteme erfordert eine schaltungstechnische Umsetzung in Form sogenannter System-on-Chips (SoCs), welche neben einem Prozessorsystem ebenfalls eine Vielzahl an dedizierten Hardwarebeschleunigern für rechenintensive digitale Basisbandalgorithmen auf einem einzelnen Stück Silizium integrieren. Studierende erlernen durch die Teilnahme an diesem Modul die wesentlichen Entwurfsmethoden dieser SoCs. Nach einer Übersicht aktueller Kommunikationssysteme, welche insbesondere die 5te Mobilfunk- und 6te WiFi-Generation beinhaltet, werden sowohl Hardware- als auch Softwarekonzepte zur Realisierung solcher Systeme vorgestellt und die Notwendigkeit eines Hardware-Software Co-Designs herausgestellt. Im Folgenden wird ein Einblick in verschiedene Prozessor- und Speicherarchitekturen gegeben, bevor abschließend die schaltungstechnische Umsetzung einzelner digitaler Basisbandalgorithmen (inklusive sogenannter Low-Density-Parity-Check Dekoder zur Vorwärtsfehlerkorrektur) in Form von dedizierten Hardwarebeschleunigern und deren Integration in ein bestehendes Prozessorsystem detailliert wird. Begleitet wird die Vorlesung von einer praxisorientierten Übung, in der Kernbausteine heutiger Kommunikationssysteme von den Studierenden implementiert und mit Hilfe eines FPGAs umgesetzt werden sollen.</p>
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung 90 Minuten.

Verwendbarkeit
Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem WT



Modulname	Modulnummer
<b>Werkstoffe der Halbleiterelektronik</b>	4137

Konto	Pflichtmodule PFL für SKE
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Georg Düsberg	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	44	106	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41371	VÜ	Werkstoffe der Halbleiterelektronik	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				4

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik und Mathematik aus dem Bachelor-Studiengang, insbesondere Stoff der Vorlesung Physik 2

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- beschreiben Werkstoffe anhand ihrer strukturellen, mechanischen, elektrischen, optischen, thermischen und chemischen Eigenschaften.
- erkennen die unterschiedlichen Werkstoffklassen richtig.
- identifizieren Zusammenhänge zwischen mikroskopischer Struktur und makroskopischen Eigenschaften der Werkstoffe.
- stellen Prüfverfahren richtig dar.
- wählen passende Prüfverfahren für unterschiedliche Werkstoffeigenschaften aus.
- wenden Prüfverfahren unter Anleitung an.
- analysieren Schäden anhand passender Prüfverfahren.
- beurteilen Messergebnisse kritisch.
- experimentieren selbständig im Labor zu Themen der Werkstoffherstellung und –analyse.
- planen den Einsatz der adäquaten Werkstoffe in der elektrotechnischen Fertigung.

#### Inhalt

Gegenstand der Vorlesung ist der Aufbau von Werkstoffen, beginnend auf atomarer Ebene. Der Zusammenhang zwischen Mikrostruktur und physikalischen Eigenschaften der Materie wird herausgearbeitet. Die mechanischen, elektrischen, optischen, thermischen und chemischen Eigenschaften der verschiedenen Arten von Werkstoffen sowie gängige Prüfverfahren werden durchgenommen und durch fachpraktische Anteile wie Experimente im Labor und Übungen intensiviert. Die Laborexperimente werden zu Hause ausgearbeitet und in der Übung kritisch diskutiert und nachbereitet. Weitere wichtige Punkte sind die Möglichkeiten zur gezielten Beeinflussung von Werkstoffen als auch die Auswahl von Werkstoffen für verschiedene zeitgemäße

spezielle Anwendungen. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf Werkstoffen, die in der Elektrotechnik Anwendung finden, es werden aber auch Zusammenhänge und Parallelen zu anderen Ingenieurwissenschaften aufgezeigt.

#### Inhalt:

- Aufbau der Materie: *Atommodell, Periodensystem, chemische Bindungen*
- Eigenschaften der Materie: *Gase, Flüssigkeiten, Kristalle, amorphe Festkörper*
- Allgemeine Werkstoffeigenschaften: *thermisch, mechanisch, optisch*
- Metallische Werkstoffe: *Metalle, Legierungen, System Eisen-Kohlenstoff (Stähle), elektrische Eigenschaften, Anwendungen*
- Halbleiter: *Arten und Eigenschaften, Anwendungen wie z.B. thermoelektrische Effekte*
- Dielektrische Werkstoffe / nichtmetallische anorganische Werkstoffe *Polarisationsmechanismen, elektrische Eigenschaften, Anwendungen*
- Magnetische Werkstoffe: *Polarisationsmechanismen, elektrische Eigenschaften, Anwendungen*
- Supraleiter
- Organische Werkstoffe: *Grundlagen organischer Verbindungen, Kunststoffe, Polymere*
- Verbundwerkstoffe: *Faserverbundwerkstoffe, Kombination Keramik-Metall*
- Werkstoffe und Umwelt: *Umwelteigenschaften von Werkstoffen, Schadstoffe, gesetzliche Schutzziele, Umweltverträglichkeit*

#### Literatur

- Ivers-Tiffée, v. Münch, Werkstoffe der Elektrotechnik, 10. Auflage, Teubner, 2007
- G. Fasching, Werkstoffe für die Elektrotechnik: Mikrophysik, Struktur, Eigenschaften, 4. Auflage, Springer, Wien, 2004

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 Minuten.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Kommunikationsnetze II	4138

Konto	Pflichtmodule PFL für SKE
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carmen Mas Machuca	Pflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41381	VÜ	Kommunikationsnetze II	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Keine

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

Mit diesem Modul erlernen Studierende die Formulierung unterschiedlicher Planungsprobleme von Kommunikationsnetzen. Diese Probleme unterscheiden sich hinsichtlich der Ziele und Anforderungen der Betreiber. Dadurch werden die Studierenden in der Lage sein, das beste Problem für jeden Anwendungsfall zu identifizieren. Es werden verschiedene Methoden behandelt: Heuristik, ILPs und maschinelles Lernen, wobei den Studierenden die Vorteile jeder einzelnen Methode aufgezeigt werden. Darüber hinaus verstehen die Studierenden die Bedeutung der Zuverlässigkeit in Kommunikationsnetzen, wie man sie bewertet, welche verschiedenen Metriken verwendet werden können und wie sie bei der Netzplanung beim Entwurf des Netzes, aber auch beim Aufbau neuer Verbindungen berücksichtigt werden können.

Inhalt
--------

Nach einer allgemeinen Einführung in Kommunikationsnetze lernen die Studierenden die verschiedenen Technologien, Segmente und Geschäftsmodelle kennen.

Der erste Teil des Kurses konzentriert sich auf verschiedene Netzplanungsprobleme und verdeutlicht den Unterschied zwischen Zugangs- und Kernnetzen. Die Planungsprobleme unterscheiden sich hinsichtlich der Zielfunktion und/oder der Randbedingungen.

Der zweite Teil des Kurses konzentriert sich auf die Netzresilienz und darauf, wie unterschiedliche Verbindungsverfügbarkeiten gewährleistet werden können. Zu diesem Zweck werden verschiedene Metriken und Modelle eingeführt. Die Modelle werden auf verschiedene Anwendungsfälle angewendet und bewerten den Kompromiss zwischen Zuverlässigkeit und den erforderlichen Netzressourcen. Die Netzresilienz wird sowohl auf der physikalischen als auch auf der logischen Ebene untersucht.

<b>Literatur</b>
“Mesh based survivable networks” by W. D. Grover
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Vertiefungsrichtung SKE</li><li>• Pflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Wahlpflichtgruppe ITSK</li><li>• EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Bildverarbeitung und Deep Learning</b>	4139

Konto	Pflichtmodule PFL für SKE
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Pflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41391	VÜ	Digitale Bildverarbeitung und Deep Learning	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik, Grundkenntnisse in MATLAB.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden sind in der Lage, das Gebiet der „digitalen Bildverarbeitung“ von anderen Gebieten mit Bezug zu Bilddaten (wie etwa der Computergraphik, Computeranimation, Informationsvisualisierung, etc.) abzugrenzen und haben einen Überblick über wichtige bildgebende Systeme aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen (Industrie, Medizin, etc.).

Die Studierenden haben Detailkenntnisse über Methoden der digitalen Bildbe- und verarbeitung und kennen die erforderlichen mathematischen Grundlagen.

Die Studierenden können in der Praxis vorkommende praktische Problemstellungen der Bildverarbeitung eigenständig analysieren und zielgerichtete Lösungen mit Hilfe von standardmäßig verfügbaren oder eigenständig modifizierten Methoden erarbeiten.

#### Inhalt

Bildgebende Mess-, Prüf- und Diagnoseverfahren sind heute bei einer Vielzahl von Anwendungen beispielsweise in Wissenschaft, Industrie und Medizin unverzichtbar, wobei die Entwicklung empfindlicher und hochauflösender Bildsensoren stetig voranschreitet. Die Entwicklung, Implementierung und der praktische Einsatz bildgebender Verfahren sind ohne computergestützte (digitale) Verarbeitung undenkbar. Somit basieren die Visualisierung, Be- und Verarbeitung, Archivierung, Kompression und (Fern-)Übertragung von Bilddaten fast ausschließlich auf digitalen Verfahren. In der Lehrveranstaltung werden in Erweiterung der herkömmlichen eindimensionalen (1D) Signalverarbeitung von zeitabhängigen Signalen in erster Linie zweidimensionale (2D) Signale (=Bilder) betrachtet. Aufbauend auf einer kurzen Behandlung des menschlichen Sehsystems sowie verschiedener bildgebender Modalitäten (z.B. Computertomographie,

Magnetresonanztomographie, Ultraschallbildgebung, PET, SPECT, Bodyscanner, Kameras) werden Methoden der digitalen Bildverarbeitung inklusive Deep-Learning-Ansätzen in Theorie und Praxis betrachtet.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• R.C. Gonzalez, R.E. Woods: <i>Digital Image Processing</i>, 4th edition, Pearson, 2017.</li><li>• R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins: <i>Digital Image Processing Using MATLAB®</i>, 2nd ed, Gatesmark Publishing, 2010.</li><li>• B. Jähne: <i>Digitale Bildverarbeitung und Bildgewinnung</i>, 7. Auflage, Springer-Verlag, 2013.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Folgetrimesters.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE</li><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
<b>Funksysteme und Antennen</b>	4150

Konto	Pflichtmodule PFL für SKE
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	Pflicht	1

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41501	VÜ	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen	Pflicht	3
41502	P	Praktikum Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

## Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse in Hochfrequenztechnik und Theoretischer Elektrotechnik, wie sie z.B. in den Modulen „Einführung in Hochfrequenztechnik“, „Secure Communications“, „Elektrodynamik“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.

## Qualifikationsziele

Die Studierenden haben ein detailliertes Verständnis des Aufbaus von mobilen Funksystemen, Systemen der Funkortung und der Radartechnik. Sie sind in der Lage, Übertragungssysteme und deren aktiver Hochfrequenz-Komponenten hinsichtlich ihrer Gesamtsystemparameter zu analysieren und bewerten.

Die Studierenden kennen den Aufbau von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen und sind in der Lage, diese zu analysieren.

Die Studierenden haben vertiefende Kenntnisse von Antennen und Mehrantennensystemen und können diese selbständig analysieren und vergleichen.

## Inhalt

Veranstaltung 1.:

In dieser Vorlesung erhalten die Studierenden eine vertiefende Einführung in moderne Übertragungssysteme: Mobile und fest installierte Funknetze für die Anwendungen Mobilkommunikation, Funkortung und Radar.

Die Studierenden erwerben ein grundlegendes Verständnis zu Aufbau und Funktion aktiver Hochfrequenz-Frontend-Schaltungen wie z. B. mehrstufiger Verstärker, Mischer und Oszillatoren und lernen, mit deren Parametern umzugehen.

Die Studierenden erhalten eine vertiefende Einführung in Antennen für Funkverkehr, Funkortung und Radar, adaptive Antennengruppen und Frontendarchitekturen für Richtfunksysteme mit adaptiver Strahlformung sowie intelligente Antennensysteme.

Ein Verständnis der Grundlagen von Antennendiversity-Verfahren zur Empfangsverbesserung bei Mehrwege-Wellenausbreitung sowie von Antennen und Frontendaufbau von Single Input Multiple Output (SIMO) und Multiple Input Multiple Output (MIMO)-Übertragungstrecken wird vermittelt.

Ein Kurzüberblick über Frontend-Architekturen sowie Sender und Empfänger-Architekturen ermöglicht den Studierenden einen Einblick in den Aufbau realer Übertragungssysteme.

#### Veranstaltung 2.:

Das Praktikum bietet einen Einblick in Aufbau und Funktion moderner Funkübertragungstechnik. Anhand von ausgewählten Versuchen werden exemplarisch typische Baugruppen der Funktechnik mit Hilfe moderner Mess- und Simulationstechnik analysiert und optimiert, wie z. B. Verstärker, Bandfilter, Antennen, ... Hierdurch erhalten die Studierenden die Fähigkeit, in den Vorlesungen erworbenes Wissen selbständig anzuwenden und die Ergebnisse zu analysieren.

#### Literatur

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

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 75 min am Ende des Trimesters.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE
- Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET
- Pflichtmodul im Masterstudiengang ME
- Pflichtmodul im Masterstudiengang ETTI (weiterhin als Beitrag zu CAE bzw. Nachfolgeprogramm. Derzeit in CAE-Modul 3660)

#### Dauer und Häufigkeit

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



Modulname	Modulnummer
Signalverarbeitung	6050

Konto	Pflichtmodule PFL für SKE
-------	---------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60501	VÜ	Signalverarbeitung	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie, der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse und der höheren Mathematik.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie wenden diese Signaleigenschaften eigenständig auf praktische Probleme an. Hierzu verfügen sie über einen sicheren Umgang mit Schlüsseltechniken der digitalen Signalverarbeitung im Zeit- und Frequenzbereich. Die Studierenden differenzieren ferner die Prinzipien der statistischen Signalklassifikation.

#### Inhalt

Die Studierenden werden in dieser Lehrveranstaltung spezifisch mit digitalen Signalen deterministischer und stochastischer Natur (Zufallssignalen) vertraut gemacht. Sie setzen sich im ersten Schritt mit der Darstellung von zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen im Zeit- und Frequenzbereich als Fourier-Reihe, Fourier-Transformation, Laplace-Transformation, Z-Transformation und zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT) auseinander. Dazu verdeutlichen sich die Studierenden erneut das Verfahren der Signalabtastung und dessen Effekte. Als wichtigstes Ergebnis dieses Abschnitts zu den Signaltransformationen erlernen die Studierenden das Werkzeug der diskreten Fourier-Transformation (DFT) und grenzen dieses zu anderen Verfahren ab. Dabei machen sie sich mit allen Effekten der DFT vertraut, insbesondere der Zusammenhänge von Zeit- und Frequenzauflösung, Aliasing und Leakage-Effekt. Spezifische Größen für Zufallssignale und Zufallsvariablen sowie allgemeine stochastische Prozesse, insbesondere die Autokorrelation, Kreuzkorrelation und das Leistungsdichtespektrum, vervollständigen das Bild basierend auf den Wiener'schen Theorien. Darauf aufbauend wird die Spektralschätzung und Spektralanalyse eingeführt. So erwerben die

<p>Studierenden fundierte Kenntnis über die Spektralanalyse und Spektralschätzung von deterministischen Signalen und Zufallssignalen, wobei traditionelle, nicht-parametrische sowie parametrische Spektralschätzverfahren vermittelt werden. Zur Abrundung erlernen die Studierenden die Grundlagen der Parameterschätzung mithilfe von Statistiken höherer Ordnung (Higher-Order Statistics, HOS) und bestimmen die Schätzgüte anhand der wesentlichen Parameter Erwartungstreue und Schätzvarianz. Mithilfe der Cramer-Rao-Bound erlernen sie ferner, die Schätzgüte absolut sowie im Vergleich mit anderen Schätzverfahren zu beurteilen.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022</li><li>• Oppenheim A, Schaffer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer (sP-60).
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE</li><li>• Pflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Wahlpflichtgruppe ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang CYB M.Sc. für das Vertiefungsfeld SI</li><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Kryptologie	1457

Konto	WPFL Communication Systems für SKE
-------	------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Robert Schmied	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14571	VÜ	Kryptologie	Wahlpflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Den Modulen Mathematik I-III entsprechende Vorkenntnisse
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur Klassierung von kryptographischen Verfahren anhand der mathematischen Grundlagen aus der Algebra.</li> <li>• Fähigkeit, Algorithmen zu lesen und zu interpretieren.</li> <li>• Fähigkeit zur Beschreibung und programmiertechnischen Umsetzung der kryptographischen Verfahren.</li> <li>• Fähigkeit zur Einordnung und Bewertung der kryptographischen und kryptoanalytischen Verfahren und Methoden auf Basis des dafür notwendigen mathematischen Hintergrunds.</li> <li>• Fähigkeit zur Untersuchung sicherheitskritischer Aspekte in bestehenden Systemen.</li> <li>• Fähigkeit, Internet-basierte kryptographische Anwendungen und deren kryptoanalytische Angriffspotenziale in Grundzügen zu verstehen.</li> <li>• Fähigkeit zum Transfer auf reale Situationen unter nachrichtentechnisch bedingten Einschränkungen.</li> <li>• Fähigkeit zur Einordnung kryptographischer und kryptoanalytischer Angriffsmethoden anhand komplexitätstheoretischer Aspekte.</li> </ul>
Inhalt
Verschiedene alltägliche Anwendungen werden unter dem zentralen Aspekt der IT-Sicherheit betrachtet. In diesem Zusammenhang werden häufig kryptologische Systeme benutzt. Deshalb werden die Fragen geklärt, was unter einem Kryptosystem zu verstehen ist, an welcher Stelle kryptologische Elemente bei der digitalen Kommunikation auftreten und wie sich die Begriffe Kryptographie und Kryptoanalyse unterscheiden. Auf Basis mathematischer Grundlagen aus der Zahlentheorie und Algebra, die zum Verstehen kryptographischer Systeme notwendig sind, wird der Begriff des perfekt sicheren

<p>Kryptosystems definiert. Dieser Begriff ist zu unterscheiden von praktisch sicheren und beweisbar sicheren Kryptosystemen. Damit können verschiedene kryptographische Verfahren, ihre Angriffspunkte und deren Anwendungen vorgestellt werden. Als Beispiel seien symmetrische Verschlüsselungsverfahren wie affine lineare Blockchiffren, asymmetrische Verfahren auf Basis von Trapdoor-Einwegfunktionen wie das RSA-Verfahren oder Verfahren auf Basis elliptischer Kurven genannt. Zur Anwendung kommen sie bei der Identifikation und Authentifikation oder zur digitalen Signierung und Zertifizierung. Diese sicherheitsrelevanten Themen und einzelne Möglichkeiten, unter Voraussetzung der Kenntnis des Verschlüsselungsalgorithmus kryptographische Systeme anzugreifen und auszuhebeln, schließen die Betrachtungen ab. Es kann die Möglichkeit gegeben werden, parallel ein eigenes Krypto-Tool zu implementieren.</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Beutelspacher, Kryptografie in Theorie und Praxis, Vieweg+Teubner-Verlag</li> <li>• D. Wätjen, Kryptographie, Spektrum-Verlag</li> <li>• A. Bartholome, Zahlentheorie für Einsteiger, Vieweg-Verlag</li> <li>• V. Diekert, M. Kufleitner, G. Rosenberger, Diskrete Algebraische Methoden, De-Gruyter-Verlag</li> <li>• J. Hoffstein, J. Pipher, J.H. Silverman, An Introduction to Mathematical Cryptography, Springer-Verlag</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p>
<p>Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75).</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p>
<p>Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen, Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p>
<p>1 Trimester, nur im HT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Mobilkommunikation und Radartechnik</b>	2996

Konto	WPFL Communication Systems für SKE
-------	------------------------------------

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
28031	VÜ	Grundlagen der Radartechnik	Wahlpflicht	2,5
60641	VÜ	Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation	Wahlpflicht	2,5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden grundlegende Kenntnisse in Hochfrequenztechnik, Theoretischer Elektrotechnik und Signalverarbeitung, wie sie z.B. in den Modulen „Einführung in Hochfrequenztechnik“, „Secure Communications“, „Elektrodynamik“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
<p><u>Veranstaltung 1.:</u></p> <p>Die Studierenden verstehen den Aufbau von Mobilfunksystemen, von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen.</p> <p>Die Studierenden haben vertiefenden Kenntnisse über die physikalische Übertragungsebene, Funkübertragung mit Mehrwege-Ausbreitung und Übertragungsleitungen sowie Mehrantennensysteme und können diese analysieren.</p> <p>Die Studierenden haben einen Überblick über wichtige digitale Rundfunkdienste und derzeitige und im Aufbau befindliche Mobilfunkstandards und verstehen deren Aufbau und Funktionsweise.</p> <p><u>Veranstaltung 2.:</u></p> <p>Die Studierenden kennen Grundlagen der Radarsystemtechnik und der elektronischen Kampfführung (EloKa). Sie verstehen wichtige elektronische Baugruppen, wie Antennen, Verstärker, Heterodyne-Schaltungen, Pulsgenerator, sowie die zugehörige</p>

Signalverarbeitung. Sie lernen ferner die Grundlagen der elektronischen Aufklärung, Gegen- und Unterstützungsmaßnahmen kennen. Die Studierenden erhalten dabei vertiefte Kenntnisse im Bereich der Detektionstheorie, optimaler Empfangsfilter, Gruppensignalverarbeitung und Keulenformung, Tracking und Zielidentifikation. Sie werden mit fortschrittlichen Radarverfahren, wie SAR, MIMO und kognitivem Radar vertraut gemacht. Die werden in die Anwendungsbeispiele multifunktionales AESA-Radar, Radarwarnempfänger, Funkerfassung, Stör- Täusch und Tarnmaßnahmen sowie störfestes und LPI-Radar eingeführt.

## Inhalt

### Veranstaltung 1: Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation

Diese Vorlesung beschreibt die physikalischen Grundlagen und Rahmenbedingungen der Mobilkommunikation und diskutiert aktuelle Systeme der Mobilkommunikation, welche unter den gegebenen Rahmenbedingungen zuverlässig funktionieren müssen.

Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Frequenzbereiche, in welchen Rundfunkdienste und Mobilfunkdienste arbeiten und über die Komponenten dieser Funkübertragungssysteme und lernen, reale Systeme dahingehend zu klassifizieren.

Ein detaillierter Überblick über physikalische Phänomene der drahtlosen Übertragung auf dem Mobilfunkkanal wird ergänzt durch die Betrachtung des Mehrwegekanals sowie verschiedener Diversitystrategien zur Verbesserung der Empfangsqualität. Dies ermöglicht den Studierenden die Analyse realer Systeme und vermittelt ihnen Strategien, die Zuverlässigkeit mobiler Empfangssysteme zu verbessern.

Die Studierenden erhalten einen Überblick über verfügbare Zugriffs- und Modulationsverfahren sowie Signalkodierungsarten.

Eine vertiefende Darstellung digitaler terrestrischer Rundfunksysteme (bspw. DAB(+), DRM, DVB-T(2), ...) speziell im Hinblick auf die zuvor kennengelernten physikalischen Phänomene gibt einen Einblick in die verwendeten Basisbandkodierungen und Mehrträgerverfahren (COFDM).

Eine ausführliche Beschreibung zellularer Mobilfunkdienste (Systemarchitektur, Aufbau und Rahmenstruktur der verwendeten Signale, Synchronisation und Verbindungsaufbau, Handover, Zeitmultiplexstruktur) vermittelt ein Verständnis komplexer Kommunikationssysteme an den Beispielen GSM, UMTS, LTE(-A), 5G, DECT, TETRA, ...

### Veranstaltung 2: Grundlagen der Radartechnik

Die Studierenden erwerben Kenntnisse über Grundzüge und Anwendungen in der Radartechnik sowie der elektronischen Kampfführung. Die Vorlesung gliedert sich in die folgenden Abschnitte: Zunächst lernen die Studierenden den prinzipiellen Aufbau eines Radarsystems anhand der grundlegenden Baugruppen kennen. Diese umfassen Antennen, Schaltungen zur Signalerzeugung, Leistungsverstärkung, Überlagerungsempfänger, Kohärentoszillator und I/Q Modulation. Sie werden in die Lage versetzt, wichtige Leistungsparameter von Radarsystemen anhand der Radargleichung abzuschätzen. Die Studierenden erlernen Verfahren zur

<p>Signalverarbeitung in Radar- und Funkerfassungsanwendungen, insbesondere zur Range-Doppler-Prozessierung, Optimalfilter und Detektionstheorie, Richtungsschätzung in Gruppenantennen, Spurverfolgung, Klassifizierung und Signaltrennung. Die Studierenden lernen Anwendungsbeispiele aus aktuellen zivilen und militärischen Radarsystemen kennen. Dies umfasst Automotive und FMCW-Radare, inkohärente Schiffs- und Navigationsradare, sowie kohärente luft- und bodengestützte aktive Radare mit elektronischer Strahlschwenkung (AESAs). Die Studierenden werden des Weiteren mit relevanten Anwendungen zur elektronischen Aufklärung, elektronische Unterstützungsmaßnahmen sowie Gegen- und Schutzmaßnahmen vertraut gemacht.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Springer Verlag, Berlin, 1986</li><li>• J. Schiller: "Mobilkommunikation", Pearson Studium, 2003</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 75 min am Ende des Trimesters.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ETTI (weiterhin als Beitrag zu CAE bzw. Nachfolgeprogramm)</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Photonische Netze	4140

Konto	WPFL Communication Systems für SKE
-------	------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carmen Mas Machuca	Wahlpflicht	4

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41401	VÜ	Photonische Netze	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Modul „Kommunikationsnetze“

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

Mit diesem Modul erlangen die Studierenden ein Verständnis für optische Netze (das Aspekte von der physikalischen Schicht bis hin zu Netzwerkfunktionen abdeckt) und sind in der Lage, diese zu analysieren, indem sie Fragen beantworten wie: Was sind die Komponenten eines optischen Netzwerks, wie entwickeln sich optische Netzwerke, wie können optische Netzwerke zuverlässig sein, wie werden optische Netzwerke geplant, gesteuert und verwaltet?

Inhalt
--------

Nach einer allgemeinen Einführung in optische Netze lernen die Studierenden die Bedeutung optischer Netze sowie die wichtigsten Treiber und Vorteile kennen.

Beginnend mit der physikalischen optischen Übertragung werden die grundlegenden Ausbreitungseffekte (Snell's Law) und die wichtigsten Komponenten eines optischen Übertragungssystems vorgestellt. Sobald die verschiedenen Arten optischer Netze und Segmente vorgestellt sind, werden verschiedene Planungsprobleme wie Routing und Wellenlängen Assignment (RWA) oder Routing, Konfiguration und Spektrums Assignment (RCSA) formuliert und bewertet. Darüber hinaus werden neue Paradigmen wie Optical Burst Switched (OBS) Netze und Optical Packet Switched (OPS) Netze vorgestellt. Wie bei jedem anderen Netz, wird ein Überblick über die Anforderungen und Herausforderungen der Steuerungs- und Managementebenen optischer Netze diskutiert. Ausgehend von der Kritikalität von Ausfällen in optischen Netzen wird ein besonderes Augenmerk auf deren Prävention, Erkennung und Identifizierung gelegt. Nicht zuletzt werden unterschiedliche Netzplanungsprobleme für die verschiedenen Segmente vorgestellt.



<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• "Optical Network Design and Planning" by J. Simmons</li><li>• "Optical networks" by R. Ramaswami</li><li>• "Mesh based survivable networks" by W. D. Grover</li><li>• "Optical WDM networks" by B. Mukherjee</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung SKE“</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT“</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester des 2.Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
<b>CAD und Wellenausbreitung</b>	4143

Konto	WPFL Communication Systems für SKE
-------	------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Wilfrid Pascher	Wahlpflicht	4

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41431	VÜ	Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder	Wahlpflicht	3
41432	VÜ	Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

## Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse in Theoretischer Elektrotechnik und Hochfrequenztechnik, wie sie z.B. in den Modulen "Elektromagnetische Felder", „Elektrodynamik“, „Einführung in die Hochfrequenztechnik“ und "Funksysteme und Antennen" aus den jeweiligen B.Sc.- und M.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.

## Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse über die Funktionsweise verschiedener numerischer Verfahren, deren Einteilung, deren Vor- und Nachteile, sowie deren analytischen und numerischen Aufwand. Sie erwerben Grundkenntnisse über die verwendeten Lösungsansätze. Sie beherrschen die Anwendung auf einfache passive Komponenten und Schaltungen in der Mikrowellentechnik sowie auf Antennen. Die Studierenden kennen einige in Forschung und Industrie aktuell eingesetzte CAD-Programme für numerische Feldberechnung. Sie beherrschen die Grundlagen der Problemdefinition (Dateneingabe) bei der Simulation und die Grundlagen des Postprocessings. Sie können die Simulationsergebnisse bewerten. Die Studierenden kennen die Phänomene der Wellenausbreitung. Sie können Freiraumwelle, Bodenwelle und Raumwelle unterscheiden und deren Eigenschaften angeben. Sie kennen verschiedene Ausbreitungsmodelle und wenden sie exemplarisch in urbanen und ländlichen Szenarios und für Satellitenstrecken an.

## Inhalt

1. Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder

Mit Hilfe verschiedener Methoden werden die charakteristischen Eigenschaften von Leitungen, Resonatoren, Filtern und anderen Schaltungselementen berechnet. Dabei

werden Strukturen aus Mikrostreifen- und Koplanarleitungen untersucht. Es werden vor allem folgende Methoden behandelt:

- Finite Differenzen
- Momentenmethode
- Finite Elemente

Dabei wird die Simulation im Frequenzbereich und im Zeitbereich vorgestellt und diskutiert.

## 2. Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen

Es werden verschiedene Methoden zur Berechnung von Antennen vorgestellt. Optische Verfahren (GO, GTD, UTD, PO, PTD) werden beschrieben und ihr jeweiliger Anwendungsbereich erklärt.

Die Lösung der Maxwell'schen Gleichungen wird mit zwei verschiedenen Herangehensweisen demonstriert, nämlich im diskretisierten Raum (FEM, FDTD) und an diskretisierten Oberflächen (MOM).

Außerdem werden Grundlagen der Wellenausbreitung und Modelle zu deren Berechnung vorgestellt. Dabei werden folgende Phänomene und Modelle berücksichtigt:

- Freiraumwelle, Satellitenstrecke, Link Budget
- Bodenwelle mit ebener und sphärischer Erde
- Raumwelle, Eigenschaften der Ionosphäre
- Hindernisse im Ausbreitungsverlauf
- empirische Modelle
- Terrainmodelle

### Literatur

- D.G. Swanson, W.J.R. Hofer, „Microwave Circuit Modeling Using Electromagnetic Field Simulation“,
- G.H. Golub, C.F. Van Loan, "Matrix Computations",
- N. Geng, W. Wiesbeck "Planungsmethoden für die Mobilkommunikation: Funknetzplanung unter realen physikalischen Ausbreitungsbedingungen"

### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 75 Minuten (sP-75)

### Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul im Studiengang SKE

### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester des 2. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
Space Communications	4151

Konto	WPFL Communication Systems für SKE
-------	------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	Wahlpflicht	1

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41511	VÜ	Optische Freiraumübertragung	Wahlpflicht	3
41512	VÜ	Parameterschätzung für Kommunikationssysteme	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

## Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse in Mathematik und Physik, wie sie in den Bachelor-Studiengängen vermittelt werden. Außerdem sind Grundkenntnisse der Signalverarbeitung und Kenntnisse über die Eigenschaften und die Beschreibung von Signalen und Übertragungssystemen in der Nachrichtentechnik hilfreich.

## Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen fundiert die physikalischen Prinzipien der optischen Kommunikationstechnik, insbesondere die Grundlagen des Elektromagnetismus mit Bezug zur Datenübertragung mit Licht. Sie benennen eigenständig den Stand der Technik in Bezug auf optische Kommunikationssysteme, Vor- und Nachteile und formulieren die Einsatzbereiche für optische Kommunikationssysteme. Die Studierenden reflektieren selbstständig die Systembestandteile eines optischen Kommunikationssystems und deren Aufgaben. Motiviert durch die komplexen Anforderungen der Datenübertragung im Weltraum über enorme Entfernungen, erkennen die Studierenden die Bedeutung der Synchronisation für den Entwurf von Funkübertragungssystemen. Sie kennen eigenständig die wesentlichen Anwendungsgebiete der Parameterschätzung sowie die damit einhergehenden Schätzprobleme in der Informationstechnik. Um sich das Thema zu erschließen, klassifizieren die Studierenden detailliert nachrichtentechnische Schätzprobleme und damit zusammenhängende Lösungsansätze. Die Studierenden beurteilen vertieft die Cramer-Rao-Grenze als entscheidende theoretische Grenze zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Schätzalgorithmen sowie deren Berechnungsdynamik. Sodann bewerten sie fundiert verschiedene Methoden und Verfahren der Parameterschätzung und Synchronisation und ordnen ihre Vor- und Nachteile in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit und den praktischen Aufwand ein. Zur Vertiefung prüfen die Studierenden detailliert typische Beispiele praktisch relevanter Synchronisationsverfahren

für wesentliche Synchronisationsaufgaben in praktischen Systemen und für unterschiedliche Modulationsverfahren (Träger- und Taktsynchronisation).
<b>Inhalt</b>
<p>a) <u>Lehrveranstaltung Optische Freiraumübertragung (Dr. rer. nat. Marcus Knopp, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)</u></p> <p>Die Studierenden erhalten in dieser Lehrveranstaltung eine Einführung in die optischen Kommunikationssysteme. Neben der Motivation für diese Technologien werden praktische Randbedingungen wie Bandbreitenbedarf, Glasfaser vs. Optische Freiraumübertragung (FSO) und sonstige Systemdefinitionen erlernt. Die Studierenden setzen sich mit den physikalischen Grundlagen wie Elektromagnetismus, geometrische Optik und der Frage nach dem Licht auseinander. Die Studierenden werden mit der Funktionsweise der optischen Freiraumübertragung, den Lichtquellen, den Modulatoren, den Detektoren, optischen Komponenten und Pointing, Acquisition &amp; Tracking (PAT) als technologische Grundlagen vertraut gemacht. Sie erlernen die Atmosphäre, das Wetter, die Sichtbarkeit und die Link-Budget Analyse als Einflussfaktoren bei der Signalausbreitung in optischen Freiräumen. Die Studierenden machen mit den Übertragungsverfahren wie Modulationsverfahren und Codierung für Optik sowie mit optischen Kanalmodellen Bekanntschaft. Zum Abschluss setzen sie sich mit Anwendungsfeldern in der Raumfahrt, darunter SATCOM (ISL, SGL, Data Relay), Deep-Space-Communications und optische Bodenstationen für den Up- und Downlink auseinander.</p>
<p>b) <u>Lehrveranstaltung Parameterschätzung für Kommunikationssysteme (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)</u></p> <p>Die Studierenden erlernen in dieser Lehrveranstaltung die Grundlagen der Parameterschätzung und Synchronisation im AWGN Kanal. Sie machen mit dem Signalmodell und der statistischen Beschreibung von Signalen und Signalparametern Bekanntschaft. Die Studierenden setzen sich mit der pilotsymbol-basierten Schätzung, der entscheidungsgestützten Schätzung und den Feedforward/Feedback Strukturen als Einflussfaktoren in der Klassifizierung von Schätzverfahren und Schätzern auseinander. Sie diskutieren die Bedeutung, Berechnung und Interpretation der Cramer-Rao-Grenze als theoretisches Vergleichsmaß zur Einordnung der Leistungsfähigkeit von Schätzern. Die Studierenden werden mit der Darstellung der wesentlichen Synchronisationsaufgaben in Übertragungssystemen (Träger/Takt, Frequenz und Phase, Kanalschätzung, Rahmensynchronisation) vertraut gemacht. Sie erlernen beispielhafte Schätzverfahren für die unterschiedlichen Synchronisationsparameter in Abhängigkeit des Modulverfahrens (PSK, QAM) zur Darstellung der Verfahren, Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Analyse des praktischen Aufwands. Die Studierenden erhalten eine Einführung zu Phasenregelschleifen zur Nachregelung von Parameterabweichungen in der Synchronisation und deren Funktionsweise, Stellgrößen und Performancekriterien.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Gardner FM: Phaselock Techniques. 3rd edition, John Wiley &amp; Sons, 2005</li><li>• van Trees HL: Detection, Estimation and Modulation Theory – Part I. Wiley Interscience, 2001</li><li>• Mengali and D' Andrea: Synchronization Techniques for Digital Receivers. Plenum Press New York, 1997</li></ul>

- Benvenuto N and Cherubini G: Algorithms for Communications Systems and their Applications. John Wiley & Sons, 2003
- Bouchet O, Sizun H, de Fornel CBF, Favennec PN: Free Space Optics. Wiley, 2010

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung 90 Minuten. (sP-90)

**Verwendbarkeit**

- Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Vertiefungsrichtung SKE
- EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT

**Dauer und Häufigkeit**

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

Modulname	Modulnummer
Kanalcodierung	6053

Konto	WPFL Communication Systems für SKE
-------	------------------------------------

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	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60531	VÜ	Kanalcodierung	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der höheren Mathematik, der Signal- und Systemtheorie, wie sie in der Vorlesung „Signale und Kommunikationssysteme“ (BA Modul „Signale und Systeme“) erlernt werden sowie Kenntnisse von Kommunikationssystemgrundlagen, wie sie in der Vorlesung „Kommunikationstechnik“ (BA Modul „Kommunikationstechnik“) erlernt werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erlernen in dieser Lehrveranstaltung die Grundlagen der Informationstheorie und darauf aufbauend die wichtigsten Methoden und Verfahren der Vorwärtsfehlerkorrektur und Kanalcodierung. Sie vertiefen dabei ihre Kenntnisse von spezifischen Codierungsverfahren und der Decodierung. Ferner erlernen Sie Werkzeuge und Kenngrößen zur analytischen Untersuchung von Codierungsverfahren und deren vergleichender Bewertung.

Inhalt

Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Informationstheorie als Voraussetzung für den Entwurf von Vorwärtsfehlerkorrekturverfahren. Sie erhalten abschließend ein fundiertes Verständnis des Kanalcodierungstheorems, der Kanalkapazität verschiedener Übertragungskanäle und des Prinzips der Kanalcodierung. Die Studierenden werden mit Methoden zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit von Codes vertraut gemacht; sie berechnen eigenständig Distanzeigenschaften wie die Hamming-Distanz. Sie erlernen das Prinzip der Maximum-Likelihood (ML) und Maximum-A-Posteriori (MAP) Decodierung, der Soft-in soft-out Decodierung und reflektieren diese am Beispiel der wichtigsten Codeklassen. Hierzu gehören lineare Blockcodes, Low-Density Parity Check Codes, Faltungscodes und Polarcodes. In Bezug auf die Blockcodes setzen sie sich analytisch und simulativ mit der Fehlerwahrscheinlichkeit auseinander. Die Studierenden vergleichen Low Density Parity Check (LDPC) Codes und erlernen deren Konstruktion und Bewertung anhand von Tanner Graphen. Für die Decodierung von

LDPC Codes konzentrieren sie sich auf Message Passing Decodierung. Faltungscodes verstehen die Studierenden anhand von Zustandsautomaten; die Decodierung von Faltungscodes führen sie mit Trellis-Graphen und dem Viterbi-Decodierverfahren aus. Schließlich erlernen die Studierenden den Nutzen der Codeverkettung und deren iterativer Decodierung, einschließlich der Grundlagen der Turbo-Codes. Zur Decodierung von Turbo-Codes konzentrieren sich die Studierenden auf die MAP Decodierung mit dem BCJR Algorithmus.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bossert, M.: Channel Coding for Telecommunications. Wiley.</li> <li>• Friedrichs, B.: Kanalcodierung. Springer</li> <li>• Lin, S., Costello, D.: Error Control Coding. Prentice Hall.</li> <li>• Johnson, S.: Iterative Error Correction. Cambridge.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer (sP-60).
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Vertiefungsrichtung SKE</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Wahlpflichtgruppe ITSK</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang CYB M.Sc. für das Vertiefungsfeld SI</li> <li>• EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem HT



Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Filter und Array Processing</b>	6060

Konto	WPFL Communication Systems für SKE
-------	------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60601	VÜ	Digitale Filter	Wahlpflicht	3
60602	VÜ	Array Processing	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in der Digitalen Signalverarbeitung wie sie z.B. im Modul Signalverarbeitung vermittelt werden

Qualifikationsziele

Die Studierenden besitzen vertieftes und fundiertes Wissen in der Analyse des Ein-/Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich. Sie sind sicher im Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich sowie zum Entwurf digitaler Filter. Sie sind fähig, diese Werkzeuge situationsbezogen auf neue Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden können digitale Filterkomponenten in Abhängigkeit von der gegebenen Fragestellung auswählen, parametrieren und kritisch hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit bewerten. Sie erhalten die Kompetenz, das erworbene Wissen in voller Anwendungsbreite von Schätzverfahren im Zeit- und Frequenzbereich hinaus auf neue Fragestellungen anzuwenden. Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit, selbständig Fragestellungen zu den wesentlichen Algorithmen der räumlichen Signalanalyse und Parameterschätzung zu bearbeiten. Sie erkennen die breiten Potenziale von Mehrantennensystemen für die gerichtete räumliche Kommunikation und für die Nutzung der räumlichen Dimension als zur Zeit- und Frequenzdimension orthogonale Ausbreitungskomponente und können diese benennen. Die Studierenden können Methoden zur Apertursynthese und modellbasierten Strahlformung wiedergeben und selbstständig auf neue Problemstellungen anwenden.

Inhalt

a) Lehrveranstaltung Digitale Filter (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den wesentlichen Prinzipien zur Analyse und dem Entwurf digitaler Filter bekannt gemacht und damit das Wissen aus den grundlegenden Signalverarbeitungsvorlesungen weiter vertieft. Nach einer Einführung in das Gebiet der Schnellen Algorithmen (Fast Fourier Transform (FFT), Schnelle Faltung) befassen sich die Studierenden umfassend mit der Analyse von linearen verschiebungsinvarianten Systemen (LVI-Systeme). Sie werden mit den verschiedenen Beschreibungsformen (IA, DG, ÜF, FG) vertraut gemacht und lernen die verschiedenen Systemarten (MA, AR, ARMA) und ihre speziellen Eigenschaften (linearphasige Filter, minimalphasige Filter, Allpässe) zu differenzieren. Die Studierenden lernen unterschiedliche Realisierungsstrukturen kennen und befassen sich mit Techniken zum Entwurf digitaler Filter. Dabei erlernen sie sowohl Verfahren zum Entwurf von FIR-Filtern (Windowing, Frequency-Sampling, Tschebyscheff-Approximation) als auch zum Entwurf von IIR-Filtern (direkte, impulsinvariante und bilineare Transformation). In einem weiteren Kapitel werden die Studierenden mit dem Konzept der adaptiven Filter bekannt gemacht. Dabei werden zunächst exemplarisch das Least-Mean-Squares Verfahren und der Recursive-Least-Squares Algorithmus vorgestellt bevor die Studierenden an das allgemeine Prinzip der Zustandsmodellierung und des Kalman-Filters herangeführt werden. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie Digitalen Signal Prozessoren (DSP) und FPGA-Bausteinen, Implementierungsaspekten und möglichen Fehlerquellen (Quantisierungseffekte, Stabilität, Grenzyklen) schließt die Lehrveranstaltung ab.

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

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden grundlegend in die Anwendungsgebiete und Applikationen von Antennenarrays, Beamforming und räumlichen Filtern eingeführt. Hierbei erwerben sie ein Verständnis über uniforme lineare Arrays, zirkulare Arrays, Array Performance Metriken und Antennenelemente sowie deren Eigenschaften. Die Studierenden werden in das Thema Antennenarrays eingeführt und verstehen die unterschiedlichen Syntheseformen. Sie erlernen Array-Polynome und z-Transformation, das räumliche Abtasttheorem, Binomialarrays, Dolph-Chebyshev Arrays und Villeneuve n-Verteilung und setzen sich mit der Least-Squares Fehlermustersynthese, dem Minimax Design, dem Null-Steering, dem Beam-space-Processing und den räumlich non-uniforme lineare Arrays auseinander. Die Studierenden machen sich mit den Grundlagen der planaren Arrays und Aperturen vertraut. Sie diskutieren parametrische und Wavenumber Modelle, Raum-Zeit-Zufallsprozesse und Snapshot Modelle (Frequenz und Zeit) zur Charakterisierung von Space-Time Prozessen. Die Studierenden erlernen die Themengebiete Beamforming, MMSE Estimators, Maximum SNR Estimators, Multiple Plane Wave Signals (MMSE und MVDR Beamformer), Eigenvektor Beamformer und adaptive Beamformer als Grundlagen der Waveform Estimation. Außerdem erlernen sie das Subspace Verfahren (MUSIC, ESPRIT), die Capon Methode und die Minimum-Norm Methode systematisch auf Fragestellungen zu modell- und leistungsbasierter Parameterschätzung anzuwenden. Die Studierenden vergleichen vertieft die MISO-Systeme, Alamouti-Minimum-Norm, MIMO Systeme, Pre-coding und MIMO Entzerrung und beherrschen somit die wesentlichen Themengebiete im Bereich Beamforming als Variante der Mehrantennenkommunikation.

#### Literatur

- Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022

- Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013
- Stoica P, Moses R: Spectral Analysis of Signals. Pearson Prentice Hall, 2005
- van Trees HL: Detection, Estimation and Modulation Theory – Part IV. Wiley Interscience, 2001
- Vucetic B and Yuan J: Space-Time Coding. Wiley, 2003

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90).

**Verwendbarkeit**

- Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE
- Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Wahlpflichtgruppe ITSK
- Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul MINT

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Halbleitersensoren und Mikrosysteme</b>	1488

Konto	WPFL Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik für SKE
-------	-----------------------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Christoph Kutter	Wahlpflicht	4

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14881	VÜ	Halbleitersensoren und Mikrosysteme	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Module "Grundlagen der Elektrotechnik I+II",
- Kenntnisse entsprechend der Module "Mathematik I - IV",
- Optional: Kenntnisse des Moduls "Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme"

#### Qualifikationsziele

- Kenntnisse über die Funktionsweise von Halbleitersensoren und Mikrosystemen und deren Anwendungsbereiche
- Verständnis über die Auslegung und Systemintegration von Halbleitersensoren und Mikrosystemen
- Grundlegendes Verständnis über den Markt von Halbleitersensoren und Mikrosysteme und zukünftige Entwicklungen

#### Inhalt

Im Vorlesungsteil werden die grundlegenden Arten von Halbleitersensoren und Mikrosystemen behandelt:

- Einführung in Halbleitersensoren und Mikrosysteme
- Mechanische Sensoren
- Magnetfeldsensoren
- Temperatursen. inkl. bildgebende Sensoren
- Optischen Sen. incl. Digitalkamera und Strahlungsdetektoren
- Chemische Sensoren und Biosensoren
- Herstellung von Mikrosystemen
- Sensormarkt und Internet of Things

In der Übung werden die Grundlagen zu den Sensortypen anhand von Beispielen vertieft. Hierfür werden die Grundprinzipien in Rechnung vertieft und grundsätzliche Fragen der Auslegung von Mikrosystemen diskutiert.

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Practical MEMS, Kaajakari, Small Gear Pub., 2009</li><li>• Physics of Semiconductor Devices, S.M. Sze, Wiley, 2006</li><li>• Experimentalphysik 1-4, W. Demtröder, Springer</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 60 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc. und Wahlpflichtkatalog „Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik“
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Nanoelectronic devices and sensors	1917

Konto	WPFL Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik für SKE
-------	-----------------------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Georg Düsberg	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	44	106	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19171	VÜ	Nanoelectronic devices and sensors	Wahlpflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik und Mathematik aus dem Bachelor-Studiengang, Kenntnisse in Werkstoffe der Halbleitertechnologie

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden erhalten einen Überblick zum Stand der Technik nanoelektronischer Chips und Sensoren sowie die Grundlagen und das Anwendungspotential neuartiger Materialsysteme. Die Studierenden erlernen weiterhin Berechnungen zu Leistungsparametern sowie Rauschen und Detektionsgrenzen in der Sensorik aufgrund physikalisch intrinsischer oder extrinsischer Effekte. Die Studierenden sollen nach der Vorlesung in der Lage sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Grundlagen von nanoelektronischen Feldeffekttransistoren zu verstehen,</li> <li>• das Potenzial neuartiger Materialien wie, Kohlenstoff-Nanoröhren und zweidimensionaler Schichtsysteme zu bewerten.</li> <li>• den quantenmechanischen elektronischen Transport durch Nanotransistoren verstehen (auf der Grundlage des Landauer-Formalismus).</li> <li>• sich neuartige Transistorkonzepte aneignen, wie zum Beispiel Steiflankenschalter (Tunnel-FETs).</li> <li>• in die grundlegende Modellierung solcher Bauelemente eintauchen wobei die Grundprinzipien von Quanten-Transport-Simulationen für nanoelektronische Bauelemente vermittelt werden sollen.</li> </ul>

Inhalt
<p>Nanoelektronische-Chips bestimmen heute die Leistungsfähigkeit nahezu aller elektronischer Bauteile und Sensoren. Zur kontinuierlichen Steigerung der Leistungsfähigkeit und auch aus ökonomischen Gründen werden dabei durch ständige Technologieverbesserungen die geometrischen Abmessungen der einzelnen Halbleiterbauteile kontinuierlich verkleinert, diese Entwicklung wird durch das sogenannte „Moore'sche Gesetz“ beschrieben. Gegenstand der Vorlesung sind Physik und</p>

Funktionsweise nano- und mikroelektronischer Chips in Anwendungen der Elektronik und Sensorik. Dabei werden auf die aktuellen Anforderungen der Elektronik und Sensorik eingegangen und an Beispielen diskutiert, durch welche physikalischen Mechanismen und Konzepte diese Anforderungen erfüllt werden können.

Detaillierte Inhalte:

- Grundlagen von FETs, elektronischer Transport, On/Off-Zustand
- FET-Skalierung, Kurzkanaleffekte, Fin-FETs
- Graphen (Nanoband)-FETs, Bandstruktur, elektronischer Transport, Metall-Graphen-Kontakte
- Nanodraht-FET, Kohlenstoffnanoröhren- und Graphen-FETs
- 1D-MOSFETs, Quantenphänomene
- Ballistischer Transport, Auswirkungen der Streuung auf den elektronischen Transport in Transistoren
- FETs als Sensoren
- Grundlagen der Sensorik, Rauschen, Detektionsgrenzen
- Chemische Sensoren: ChemFETs, Pellistoren;
- Sensors, Sensorsysteme.
- Optische Sensoren: Photodioden, Photomultiplier, Bolometer, Quantensensoren
- Piezoresistive, piezoelektrische und kapazitive Sensoren;
- Kontakttemperatursensoren: Thermoelektrika und Thermotransistoren;
- Magnetfeldsensoren: Hall-Sensoren, Feldplatten, AMR-Sensoren; Feuchtesensoren; SQUIDS
- NEMS: Nanomechanische Devices

#### Literatur

- Vorlesungsunterlagen
- J.D.Plummer, M.D.Deal, P.B.Griffin: Silicon VLSI Technology, Prentice Hall, 2000
- A. Heuberger: "Mikrosystemtechnik", Springer Verlag
- Hans-Rolf Tränkler, Leonhard M. Reindl: Sensortechnik, Handbuch für Praxis und Wissenschaft Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 min

#### Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME

#### Dauer und Häufigkeit

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

Modulname	Modulnummer
<b>Halbleitertechnologie und -zuverlässigkeit</b>	1918

Konto	WPFL Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik für SKE
-------	-----------------------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Georg Düsberg	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150			

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19181	VL	Halbleitertechnologie und -zuverlässigkeit	Wahlpflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik und Mathematik aus dem Bachelor-Studiengang

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick zu den technologischen Verfahren zur Herstellung von Halbleiterchips. In Übungen lernen die Studierenden Berechnungen zu Prozessparametern und Prozessführungen.

Für diese Bauelemente werden die Grundlagen zur Bewertung der Zuverlässigkeit und sicherheitstechnische Aspekte anhand von industriellen Beispielen vermittelt. Die Studierenden sollen nach der Vorlesung in der Lage sein, am Beispiel der Halbleiterbauelemente Qualitäts- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Dabei sollen übliche Werkzeuge (Software, statistische Methoden) mit in die Untersuchungen einbezogen werden können. Außerdem soll die Fähigkeit vorhanden sein, aus den Untersuchungen mögliche Fehlermechanismen zu bestimmen.

#### Inhalt

Es werden die jeweils aktuellen Herstellungsverfahren, deren mögliche technologische Weiterentwicklungen sowie deren prognostizierte Grenzen, behandelt. Der Schwerpunkt liegt auf der Diskussion der physikalisch-chemischen Grundlagen der Materialien und Prozesse zur Realisierung hochintegrierter Mikro-Chips. Weiter werden die Grundlagen unterschiedlicher Halbleiterbauelemente, deren mikrotechnische Herstellung, die elektronische Signalgewinnung, die Weiterverarbeitung des Signals durch weitere integrierte Komponenten behandelt die Diskussion von Datenblättern.

- Märkte der Halbleiterindustrie;
- Grenzen der Skalierung und „More than Moore“ Devices
- Herstellung von Siliziumwafern; Reinraumtechnik;
- Schichtabscheidung (Halbleiter, Isolatoren, Metalle) und Verfahren zur Abscheidung (Chemical Vapor Deposition, Sputtern, ALD, MBE),



- Schichtmodifikation (Dotieren, Implantation),
- Strukturierung: Lithographie (Deep-UV, EUV) und Geräte, Sub-Wellenlängenverfahren (Phasenschiebermasken, Optical Proximity); E-Beam Lithographie und Imprint Verfahren.
- Ätzverfahren und Strukturierungen.
- Advanced Manufacturing
- Analyse von Oberflächen und Struktur.
- Spezialstrukturen (Planarisierung, Trench-isolation, Damascene-Metallisierung); Schichtabtragung (Naß- und Trockenätzen, CMP); Gesamtprozesse (Logik, DRAM), Analytik und Prozeßüberwachung, Packaging,

Im Teil Zuverlässigkeit des Moduls werden in Erweiterung von Teil Technologie die Grundlagen inklusive der statistischen Methoden (Stichprobenauswertung, Weibull-Verteilung) für die Bestimmung der Qualität und Zuverlässigkeit (Ausfallraten, Fits) von Produkten und Prozessen der Halbleiterindustrie vermittelt. Darüber hinaus werden mögliche Ausfallmechanismen für Halbleiterbauelemente diskutiert.

#### Literatur

- D.Widmann, H.Mader, H. Friedrich: Technologie hochintegrierter Schaltungen;
- Springer, Berlin (1996),
- J.D.Plummer, M.D.Deal, P.B.Griffin: Silicon VLSI Technology, Prentice Hall, 2000
- A. Heuberger: "Mikrosystemtechnik", Springer Verlag
- W.Heywang; Sensorik, Springer Verlag, 1993

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 min

#### Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
Advanced Analog Integrated Circuit Design	1919

Konto	WPFL Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik für SKE
-------	-----------------------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Linus Maurer	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19191	VÜ	Advanced Analog Integrated Circuit Design	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und Schaltungen, wie sie im Modul 4076, 4077 und 4081 vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein Verständnis der Grundlagen des Entwurfs integrierter Schaltungen und von CMOS Technologien. Die Studierenden haben eine Befähigung zur Simulation und zur Verifikation integrierter Schaltungen. Die Studierenden haben einen Einblick in die analoge und digitale Schaltungstechnik.
Inhalt
Die Studierenden werden mit den Grundlagen der CMOS Technologien bekannt gemacht. Sie erhalten eine Einführung in die elektrischen Entwurfsregeln. Die Studierenden werden mit den Grundlagen der Simulation integrierter Schaltungen bekannt gemacht. Die Studierenden lernen statistische Methoden für den Entwurf integrierter Schaltungen und das Layout integrierter Schaltungen. Parameter Extraktion und „pre-silicon“ Verifikation werden eingeführt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Behzad Razavi, Microelectronics, 2nd Edition International Student Version, ISBN: 978-1-118-16506-5</li> <li>Skript zur Vorlesung „Integrierte Schaltungen“, Institut für Mikroelektronik und Schaltungstechnik, <a href="http://www.unibw.de/ims/vorlesungen">www.unibw.de/ims/vorlesungen</a></li> <li>P.R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley &amp; Sons, 4. Aufl., 2001</li> <li>Kurt Hoffmann, „Systemintegration vom Transistor zur großintegrierten Schaltung“, ISBN 3-486-57894-4, Oldenbourg-Verlag München, München/Wien 2006 (2. Auflage)</li> </ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung mit 75 Minuten Dauer.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung SKE
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
Modern Digital ASIC Design	1920

Konto	WPFL Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik für SKE
-------	-----------------------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19201	VÜ	Modern Digital ASIC Design	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse im Bereich digitaler Schaltungen, wie sie im Modul 4081 vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen tiefen theoretischen und praktischen Einblick in den Entwurf applikationsspezifischer integrierter digitaler Schaltungen. Im Anschluss an die Veranstaltung sind sie in der Lage, digitale Schaltungen eigenständig zu entwerfen.

Inhalt

Der Entwurf einer applikationsspezifischen integrierten Schaltung (Englisch: Application Specific Integrated Circuit oder kurz ASIC) stellt die effizienteste Art dar, einen digitalen Signalverarbeitungsalgorithmus zu realisieren. Typischerweise erfolgt der Entwurf eines solchen digitalen ASICs ausgehend von einer Modellierung der Schaltung auf Register-Transfer-Ebene in einer Hardwarebeschreibungssprache wie z.B. Verilog oder VHDL. In einem ersten Schritt wird dabei die Schaltung mittels Logiksynthese auf sogenannte Standardzellen abgebildet, welche in einem zweiten Schritt dann automatisiert in einem Layout platziert und verdrahtet werden.

Die Veranstaltung gibt einen Einblick in die verschiedenen Phasen der Logiksynthese und des sogenannten Place and Route. Hierbei wird insbesondere auch ein kurzer Einblick in die sogenannte High-Level Synthese gegeben, in welcher die digitale Schaltung ausgehend von einer Hochprogrammiersprache wie z.B. C oder Cpp synthetisiert werden kann. Darüber hinaus erhalten die Studierenden die Möglichkeit, eine digitale Schaltung in Form eines ASICs selbst zu entwerfen. Neben der initialen Modellierung der Schaltung in VHDL oder Verilog lernen die Studierenden dabei den gesamte Entwurfsprozess bis hin zum fertigen Layout an einem praktischen Beispiel kennen. Bei Interesse besteht die Möglichkeit, die entworfene digitale Schaltung als Chip fertigen zu lassen.

<b>Literatur</b>
Erik Brunvand: "Digital VLSI Chip Design with Cadence and Synopsys CAD Tools", ISBN: 978-0-13-517508-8
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche Prüfung 30 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung SKE
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
Quantencomputing für Ingenieure	2317

Konto	WPFL Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik für SKE
-------	-----------------------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Mathias Richter	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23171	VÜ	Quantencomputing für Ingenieure	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse in Linearer Algebra entsprechend den Bachelor-Vorlesungen Mathematik I-III oder äquivalent.
- Kenntnisse in Grundlagen der Elektrotechnik entsprechend den Bachelor-Vorlesungen Grundlagen der Elektrotechnik I-II oder äquivalent.
- Kenntnisse in Quantenmechanik entsprechend den Bachelor-Vorlesungen Experimentalphysik 1-2 oder äquivalent.

#### Qualifikationsziele

Diese Vorlesung versteht sich als selbständige Einführung in die Funktionsweise der supraleitenden Qubits und wie die grundlegenden Gatters bei den supraleitenden Qubits aufgebaut werden. Darauf basierend wird die Erstellung von verschränkten Zuständen sowie die Grundalgorithmen des Quantencomputings (Quantenteleportation, Grover-Algorithmus, Quanten-Fourier-Transformation) vermittelt. Die Theorie wird begleitet mit kleinen Übungen, die mittels Qiskit an den IBM-Quantum-Computer programmiert und zum Laufen gebracht werden. Hauptziel der Veranstaltung ist die Fähigkeit zu erlernen, einfache Quantenalgorithmen an einer der am meisten entwickelten Quantencomputer-Technologien selbst zu programmieren und die resultierenden Ergebnisse zu deuten.

#### Inhalt

- Grundlagen der Quantenmechanik. Was ist ein Qubit. Einführung in die Qiskit-Programmierung. Quantenteleportation.
- Linearer LC-Resonator und nichtlineares supraleitendes Transmon. Kapazitive Kopplung zwischen Transmon und LC-Resonator: Einlesen und Steuerung eines einzelnen Qubits.
- Fundamentale Operationen mit Qubits, Implementierung von Gattern für einzelne und mehrere Qubits.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Grover-Suchalgorithmus und dessen Implementierung in einem realen Quantencomputer.</li> <li>• Quanten-Fourier-Transformation und Anwendungen.</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• N. D. Mermin, „Quantum Computer Science. An Introduction“, Cambridge University Press, 2007</li> <li>• M. A. Nielsen, I. L. Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information“, Cambridge University Press, 2010</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (Portfolioprüfung, schriftliche Ausarbeitung von 5 Übungsblättern während des Trimesters (Gewichtung mit 1/2); halbstündiger Abschluss-Vortrag mit eigenem Code und Folien (Gewichtung mit 1/2)). Die Bearbeitungszeit kann frei eingeteilt werden und beträgt 3 bis 6 Wochen. Der Umfang des erstellten Codes beträgt maximal 3 Seiten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Resilient Integrated Circuits</b>	4147

Konto	WPFL Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik für SKE
-------	-----------------------------------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb Prof. Dr. techn. Linus Maurer	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
41471	VÜ	Reliability of integrated circuits	Wahlpflicht	3
41472	VÜ	Funktionale Sicherheit und Security von Digitalschaltungen	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und Schaltungen, wie sie im Modul 4076, 4077 und 4081 vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen die Grundlagen der Zuverlässigkeit von elektronischen Bauelementen und Schaltungen. Sie bewerten die Zuverlässigkeit sicherheitsrelevanter Anwendungen und haben ein Verständnis der Qualitätsanforderungen in der Massenfertigung.
Inhalt
<p>Die Zuverlässigkeit integrierter Schaltungen erlangt durch neue Applikationen wie z.B. das Autonome Fahren immer stärker an Bedeutung. Die gewünschte Funktionalität muss dabei idealerweise ohne eine einzige Unterbrechung während des gesamten Lebenszyklus sichergestellt werden. Sollten integrierte Schaltungen doch einmal ausfallen, so müssen die Systeme so konzipiert sein, dass sie einen solchen Ausfall detektieren können ("Gracefull Degradation").</p> <p>Das Modul „Resilient Integrated Circuits“ besteht aus zwei Veranstaltungen, von welchen sich die erste den allgemeinen Grundlagen der Zuverlässigkeit von integrierten Schaltungen widmet. Neben den benötigten Ansätzen aus der Wahrscheinlichkeitstheorie (Wahrscheinlichkeitsverteilung, Zufallsgesetze) und der Definition von Kernmetriken (Zuverlässigkeit, Ausfallraten, usw.) werden die wichtigsten physikalischen Ausfallsmechanismen vorgestellt. Darauf aufbauend wird der Entwurf von Qualifikationsvorschriften zur Lebensdauerabsicherung von integrierten Schaltungen dargestellt. Ein weiterer Schwerpunkt der Veranstaltung ist</p>



<p>die simulatorische Untersuchung von Prozeßschwankungen, Alterung und Störungen auf die Zuverlässigkeit.</p> <p>Die zweite Veranstaltung fokussiert sich insbesondere auf den Entwurf von zuverlässigen digitalen Schaltungen. Hierbei wird unter dem Begriff der Funktionalen Sicherheit (Englisch Functional Safety) Methoden vorgestellt, die eine quantitative Berechnung der funktionalen Sicherheit komplexer digitaler Schaltungen ermöglichen. Darüber hinaus werden Konzepte zur Erhöhung der Funktionalen Sicherheit präsentiert. Ein weiteres Kapitel der Veranstaltung behandelt Aspekte aus dem Bereich Security, in dem sowohl mögliche Angriffsszenarien als auch Gegenmaßnahmen präsentiert werden.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handbook for Robustness Validation of Semiconductor Devices in Automotive Applications Published by: ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (German Electrical and Electronic Manufacturers' Association) Electronic Components and Systems Division, <a href="http://www.zvei.org">www.zvei.org</a></li> <li>• B. Bertsche et al.: "Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009 (<a href="http://www.springerlink.com/content/n1jh01/">http://www.springerlink.com/content/n1jh01/</a>)</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung SKE
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
<b>Projektseminar Elektrische Antriebstechnik / Mechatronik</b>	1224

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Wahlpflicht	4

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12241	SE	Projektseminar Elektrische Antriebstechnik/Mechatronik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die erworbenen theoretischen Kenntnisse aus den Lehrveranstaltungen sollen vertieft und angewendet werden. Die Studierenden sollen technische Fragestellungen in Teamarbeit eigenständig lösen. Sie erhalten Einblicke in die Organisation von Projektarbeit und lernen Präsentationstechniken kennen.
Inhalt
Die Studierenden wenden ihr Wissen über elektrische Antriebssysteme in Kraftfahrzeugen für spezielle Fragestellungen an. Sie erarbeiten Lösungsstrategien für die technische Realisierung unterschiedlicher Antriebskonzepte, beginnend bei der Auswahl verschiedener Motortopologien bis hin zum Vergleich unterschiedlicher Sensortechnologien. Die Studierenden fertigen technische Beschreibungen an und erstellen Projektstrukturpläne und Organigramme.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Gerling: Unterlagen zum Seminar „Projektseminar Elektrische Antriebstechnik / Mechatronik“, UniBw München, EAA, 2009</li> <li>• G. Schmitz: „Mechatronik im Automobil 2. Aktuelle Trends in der Systementwicklung für Automobile“ Expert-Verlag, Renningen, 2003</li> </ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
NoS (Pf, Bearbeitungszeitraum 6-12 Wochen): 150h projektbezogene Arbeit (90%), 30 min Abschlusspräsentation (10%)
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul aus dem allgemeinen Wahlpflichtmodulkatalog nach den zugehörigen Modulhandbüchern für die Master-Studiengänge: <ul style="list-style-type: none"><li>• Elektrotechnik und Informationstechnik (M.Sc.)</li><li>• Mathematical Engineering (M.Sc.) - Vertiefungsrichtung „Mechatronik“</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
Auslandspraktikum I	1229

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	100	50	5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden die allgemeinen Kenntnisse aus einem Bachelor- Studium im Bereich der „Elektrotechnik und Informationstechnik“ oder „Mathematical Engineering“ und ausreichende Sprachkenntnisse für das entsprechende Land.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können eine Aufgabe in einer fremden Umgebung weitgehend selbständig bearbeiten. Sie haben Erfahrung in der Entwicklung von Lösungsstrategien und in der Dokumentation ihres Vorgehens. Sie haben in einem speziellen Arbeitsgebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Mathematical Engineering internationale praktische Erfahrung gesammelt.
Inhalt
Im Auslandspraktikum soll eine Aufgabe aus einem begrenzten Problemkreis unter Anleitung weitgehend selbständig mit bekannten Methoden bearbeitet werden. Im Auslandspraktikum sind die erzielten Ergebnisse systematisch zu entwickeln und zu erläutern. Es wird in der Regel individuell und weitgehend eigenständig durch die Studierenden bearbeitet, kann aber je nach Thema auch in Gruppen von bis zu drei Studierenden bearbeitet werden.
Leistungsnachweis
Notenschein (Portfolio, Bearbeitungszeitraum 3-6): Es ist eine schriftliche Ausarbeitung im Umfang von 5-10 Seiten zu erstellen und diese ist im Rahmen eines Kolloquiums zu präsentieren. Die Präsentation findet als Vortrag von ca. 10-15 Minuten Dauer statt. Die Ausarbeitung geht mit 80% und die Präsentation 20% in die Modulnote ein.
Verwendbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Elektrotechnik und Informationstechnik"</li> <li>• Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Mathematical Engineering"</li> </ul>
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
Auslandspraktikum II	1230

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	100	50	5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden die allgemeinen Kenntnisse aus einem Bachelor- Studium im Bereich der „Elektrotechnik und Informationstechnik“ oder „Mathematical Engineering“ und ausreichende Sprachkenntnisse für das entsprechende Land.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können eine Aufgabe in einer fremden Umgebung weitgehend selbständig bearbeiten. Sie haben Erfahrung in der Entwicklung von Lösungsstrategien und in der Dokumentation ihres Vorgehens. Sie haben in einem speziellen Arbeitsgebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Mathematical Engineering internationale praktische Erfahrung gesammelt.
Inhalt
Im Auslandspraktikum soll eine Aufgabe aus einem begrenzten Problemkreis unter Anleitung weitgehend selbständig mit bekannten Methoden bearbeitet werden. Im Auslandspraktikum sind die erzielten Ergebnisse systematisch zu entwickeln und zu erläutern. Es wird in der Regel individuell und weitgehend eigenständig durch die Studierenden bearbeitet, kann aber je nach Thema auch in Gruppen von bis zu drei Studierenden bearbeitet werden.
Leistungsnachweis
Notenschein (Portfolio, Bearbeitungszeitraum 3-6): Es ist eine schriftliche Ausarbeitung im Umfang von 5-10 Seiten zu erstellen und diese ist im Rahmen eines Kolloquiums zu präsentieren. Die Präsentation findet als Vortrag von ca. 10-15 Minuten Dauer statt. Die Ausarbeitung geht mit 80% und die Präsentation 20% in die Modulnote ein.
Verwendbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Elektrotechnik und Informationstechnik"</li> <li>• Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Mathematical Engineering".</li> </ul>
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Nichtlineare Regelung</b>	1279

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12791	VÜ	Nichtlineare Regelung	Wahlpflicht	3
12792	VÜ	Nichtlineare Regelung	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Ingenieurmathematik, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang erworben werden.</li> <li>• Grundkenntnisse über dynamische Systeme und Regelungstechnik, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Regelungstechnik“ (EIT und ME) erworben werden.</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden kennen Beispiele für nichtlineare Systeme und sind mit den Phänomenen vertraut, die nur bei nichtlinearen, nicht aber bei linearen Systemen auftreten können. Sie kennen und verstehen die Bedeutung einer nichtlinearen Dynamik für die Technik, beispielsweise für die Konstruktion stabiler Oszillatoren. Die Studierenden sind mit Regelungsaufgaben wie Stabilisierung und Trajektorienfolge sowie mit den Regler-Architekturen zur Lösung dieser Aufgaben vertraut. Die Studierenden beherrschen das methodische Rüstzeug, um das Stabilitätsverhalten nichtlinearer Systeme zu analysieren. Die Studierenden sind mit mehreren Herangehensweisen zum Entwurf nichtlinearer Regelungen vertraut und sind auf Basis dieser Kenntnisse in der Lage, nichtlineare Regler für einfache Modellklassen selbstständig zu entwerfen. Die Studierenden sind mit der „flachheitsbasierten“ Herangehensweise an die Aufgaben der Trajektorienplanung, Stabilisierung und Trajektorienfolgeregelung vertraut und können für einfache Systeme, die die Eigenschaft der Flachheit aufweisen, Regelungen entwerfen. Die Studierenden können sich die physikalischen Eigenschaften von Regelstrecken für den Reglerentwurf zunutze machen und Regelkreise entwerfen, die eine physikalische Interpretation besitzen.</p>

Inhalt
<p>In diesem Modul erhalten die Studierenden eine Einführung in die spezifischen Eigenschaften, die Analyse und die Regelung nichtlinearer dynamischer Systeme. Sie lernen Beispiele für nichtlineare dynamische Systeme kennen und lernen, welche Eigenheiten diese Systemklasse gegenüber linearen Systemen aufweist. Sie werden mit Aufgaben und Grundtypen einer nichtlinearen Regelung bekannt gemacht. Sie erlernen die Stabilitätsanalyse nach Lyapunov, und es wird gezeigt, wie diese Analyseverfahren auch zum Entwurf einer stabilisierenden Regelung genutzt werden kann. Das Erlernen der Backstepping-Methodik versetzt die Studierenden in die Lage, stabilisierende Zustandsrückführungen iterativ aus Zustandsrückführungen für einfachere Subsysteme zu entwerfen. Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Eingangs-Ausgangs-Linearisierung und die Eingangs-Zustands-Linearisierung als Methoden zum Reglerentwurf für nichtlineare Systeme. Dabei werden sie insbesondere mit den Konzepten der Internen Dynamik und der Nulldynamik nichtlinearer Systeme vertraut gemacht sowie mit dem wichtigen Konzept des flachheitsbasierten Reglerentwurfs. Sie erlernen Methoden der Systemmodellierung, die die Energieflüsse im System sichtbar werden lassen, sowie darauf aufbauende Methoden, bei denen die energetische Grundstruktur des Systems auch im Regelkreis erhalten bleibt.</p>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Adamy, Nichtlineare Systeme und Regelungen, Springer Verlag, 2009</li> <li>• J. Slotine, W. Li: Applied Nonlinear Control, Verlag Prentice Hall, 1991</li> </ul>
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung 90 Min.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Vertiefungsrichtungen sowie im Studiengang ME M.Sc. für die Vertiefungsrichtungen „Mechatronik“ (MECH), „Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme“ (LRT) sowie „Modellierung und Simulation im Bauwesen“ (BAU).
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Jahr

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme</b>	1287

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

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	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12871	P	Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• BSc.-Modul 4079: Signale und Systeme</li> <li>• BSc.-Modul 4092: Kommunikationstechnik</li> <li>• BSc.-Modul 4088: Kommunikationsnetze</li> <li>• BSc.-Modul 4093: Grundlagen der Messtechnik</li> </ul>
Qualifikationsziele
Die Studierenden können die erlernten Kenntnisse und Methoden aus den Modulen 4079, 4092 und 4088 an nachrichtentechnischen Systemen in der Praxis anwenden. Sie können theoretisch bestimmte Eigenschaften durch Messungen bestätigen. Sie können mit modernen Messgeräten umgehen.
Inhalt
Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie und der Kommunikationstechnik anhand von verschiedenen Versuchen. Dabei erlernen sie den Umgang mit modernen Messgeräten (Oszilloskop, Spektrumanalysator, Signalgenerator, Netzwerkanalysator, Bitfehlerraten tester etc.). Sie vertiefen in den Vorbereitungsaufgaben zu den Versuchen ihre Kenntnisse und Fähigkeiten und lernen bei der Versuchsdurchführung neben dem Umgang mit den Messgeräten auch die messtechnische Verifikation von theoretisch erwarteten Ergebnissen kennen. Die Nachbereitung der Versuche vertieft dieses Verständnis nochmals.
Folgende Versuche werden durchgeführt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lineare Systeme: Messung von Impulsantwort und Übertragungsverhalten von analogen und digitalen Filtern, Entwurf und Programmierung eines digitalen Filters und dessen messtechnische Verifikation</li> </ul>



- Nichtlineare Systeme: Messung von Übertragungskennlinien und Verhalten im Spektralbereich, Bestimmung von Intermodulationsparametern diverser Verstärker
- Abtastung: Messung von Zeitsignalen und dem zugehörigen Spektrum
- Stochastische Nachrichtensignale: Charakterisierung von linearen Systemen mittels stochastischer Eingangssignale und Berechnung von Korrelationsfunktionen
- Sprachsignalverarbeitung: Einsatz von Signalverarbeitungsalgorithmen zur Bearbeitung von Sprachsignalen (Redundanz- und Irrelevanzreduktion)
- Amplitudenmodulation: Aufbau eines Systems zur Amplitudenmodulation und Messung von Zeitsignalen und zugehörigen Spektren, Demodulation des amplitudenmodulierten Signals
- Frequenzmodulation: Aufbau eines Systems zur Frequenzmodulation und Messung von Zeitsignalen und zugehörigen Spektren, Demodulation des frequenzmodulierten Signals
- Pulsmodulation (PCM): Inbetriebnahme eines PCM-Übertragungssystems, Messung der quantisierten Zeitsignale, Messung des Einflusses von Kompression und Kanalstörungen
- Digitale Übertragungsverfahren: Inbetriebnahme einer trägermodulierten digitalen Signalübertragung mit BPSK und QPSK Modulation, Bestimmung des Einflusses von Synchronisationsparametern wie Taktoffset und Trägerphasenfehler, Messung von Bitfehlerratenkurven mit und ohne Fehlerkorrekturverfahren
- OFDM Übertragungsverfahren: Erzeugung eines OFDM-Signals mit einem Software-Defined-Radio, Übertragung des Signals über einen verzerrenden und durch Rauschen gestörten Kanal, Empfang des Signals mit einem Software-Defined-Radio, Auswertung einzelner Subträger, Augenmuster

#### Literatur

- Kammeyer/Dekorsy, Nachrichtenübertragung, Springer Vieweg
- Proakis/Salehi, Digital Communications, IRWIN Verlag
- Benvenuto/Cherubini, Algorithms for Communication Systems and their Applications, Wiley
- Proakis/Salehi/Bauch, Contemporary Communication Systems using MATLAB, CENGAGE Learning

#### Leistungsnachweis

Notenschein (Portfolioprüfung, regelmäßige Teilnahme an ca. 8 über 1 Trimester verteilte 180 min. Termine und 30 min. benotete mündliche Abfrage (100%))

#### Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Wahlpflichtgruppe ITSK
- EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Plasmatechnik</b>	1296

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12961	P	Praktikum: Plasmatechnik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>Anwendung der aus den Lehrveranstaltungen erworbenen theoretischen Kenntnisse</li> <li>Einblick in die Ingenieurpraxis</li> <li>Erlernen des Umgangs mit labortechnischen Gerätschaften</li> </ul>
Inhalt
<p>Es werden 7 Praktikumsversuche zu folgenden Themen angeboten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erzeugung und technische Verwendung thermischer Plasmen</li> <li>Diagnostik an Plasmen</li> <li>Diagnostik industrieller Plasmazustände</li> </ul> <p>Außerdem ist eine Konstruktionsaufgabe mit Hilfe moderner CAD-Software zu bearbeiten</p>
Leistungsnachweis
NoS (Pf) mit 20 min Präsentation (50%) und 15 min mündliche Klausur (50%). Bearbeitungszeitraum 6-12 Wochen.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs EIT
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik</b>	1307

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Thomas Weyh	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13071	VÜ	Sicherheit in der Energieversorgung	Wahlpflicht	3
13072	VÜ	Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine

Qualifikationsziele
<p>Im ersten Teil des Moduls (Sicherheit in der Energieversorgung) erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fakten zur gegenwärtigen und zukünftigen Energiebereitstellung</li> <li>• Nachhaltigkeitskriterien und Strategien zur Sicherstellung der Energieversorgung</li> <li>• die Sensitivität der Stromgestehungskosten regenerativer Energieerzeugung</li> <li>• grundlegende Mechanismen zur Festlegung von Börsenstrompreisen, unterstützt durch ein Börsensimulationstool</li> </ul> <p>Im zweiten Teil des Moduls (Gleichstromübertragungssysteme in der Energietechnik) erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die technischen Systeme zur Übertragung großer Energien mit HVDC-Systemen</li> <li>• die Anforderungen und den Aufbau von Umrichterstationen</li> <li>• die Dimensionierung und Auslegung von HVDC-Systemen</li> <li>• die Einbindung moderner HVDC-Systeme in AC-Verbundnetze</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage,</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieversorgungssysteme anhand unterschiedlicher Kriterien zu bewerten</li> <li>• Sensitivitätsanalysen zu Stromgestehungskosten regenerativer Energien durchzuführen</li> <li>• die Mengen- und Preisfestsetzung einer Börsenauktion im Grundsatz zu ermitteln</li> <li>• anhand der physikalischen Grundlagen Verlustberechnungen durchzuführen</li> <li>• die Leistungsfähigkeit von AC- und DC-Systemen in Abhängigkeit der Übertragungsentfernung und der -leistung zu vergleichen</li> <li>• geeignete Umrichtertopologien für bestimmte Anforderungen auszuwählen.</li> </ul>
<b>Inhalt</b>
<p>In der Lehrveranstaltung „Sicherheit in der Energieversorgung“ erwerben die Studierenden vertiefendes Wissen zu den folgenden Teilgebieten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Globale und regionale Strategien zur Sicherstellung der (elektrischen) Energieversorgung, Nachhaltigkeitskriterien</li> <li>• Berechnung der Stromgestehungskosten regenerativer Energiesysteme</li> <li>• Unterschiedliche Möglichkeiten für den Handel mit Strom</li> <li>• Ablauf eines Handelstages mit Strom anhand einer Börsensimulation</li> <li>• Mengen- und Preisfestsetzung bei einer simulierten Börsenauktion</li> </ul> <p>In der Lehrveranstaltung „Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik“ erwerben die Studierenden vertiefendes Wissen zu den folgenden Teilgebieten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Grundlagen zur Verlustberechnung von AC- und DC-Übertragungssystemen</li> <li>• Vergleich von DC- und Drehstromleitungen und -kabeln</li> <li>• Aufbau von Hochleistungs-Umrichterstationen; Filteranlagen, Umrichtertrafos, Halbleiterumrichter</li> <li>• Vergleich verschiedener Umrichtertopologien (Thyristor-basiert; IGBT-basiert)</li> <li>• Notwendigkeit und Einsatz von HVDC-Systemen im Kontext der Energiewende</li> <li>• Betrachtung ausgewählter Anlagen, Diskussion weltweiter Projekte z.B. DESERTEC</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 min.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung EET</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	1326

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Georg Düsberg	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13261	SE	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	Wahlpflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Die Module Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme, Werkstoffe der Elektrotechnik und Nanotechnologie sind hilfreich, aber nicht zwingend vorausgesetzt.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erhalten einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung in der Industrie und öffentlichen Forschungseinrichtungen.
Inhalt
Mitglieder des Instituts für Physik als auch externe Gäste aus Industrie und Forschungseinrichtungen berichten über aktuelle Herausforderungen und Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Mikro- und Nanosystemtechnik
Literatur
Handout der Vortragenden
Leistungsnachweis
Notenschein (Portfolioprüfung, regelmäßige Teilnahme an ca. 20 über 3 Trimester verteilte 45 min. Terminen, 30 min. benoteter Vortrag (100%))
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Vertiefungsrichtungen der Masterstudiengänge EIT, ME, INF Anwendungsfach Elektrotechnik.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 3 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
<b>Flexible hybride Elektronik und Integration</b>	1463

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Christoph Kutter	Wahlpflicht	4

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14631	VÜ	Flexible hybride Elektronik und Integration	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Module "Grundlagen der Elektrotechnik I+II",
- Kenntnisse entsprechend der Module "Mathematik I - IV",
- Optional: Kenntnisse des Moduls "Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme"

#### Qualifikationsziele

- Ziel des Kurses ist, dass die Studierenden Grundkenntnisse über das neue Feld der Flexiblen Hybriden Elektronik und die Systemintegration erlernen
- Die Studierenden erlernen die Systemanforderungen von flexiblen Systemen und lernen in einer Projektarbeit ein flexibles System selbst auszulegen
- In einem Workshop an der Fraunhofer EMFT sehen die Studenten die Geräte die für Herstellung von flexiblen hybriden Elektroniksystemen verwendet werden

#### Inhalt

Im Vorlesungsteil werden die Grundkenntnisse der flexiblen hybriden Elektronik vermittelt:

- Einführung in Flexible Elektronik, Industrie Standards und Applikationen
- Grundlagen von PCB – Aufbau und Verbindungstechnik
- Von Rigid zu Flex – Fokus auf Substrate wie Folien, Polymere, Papier u.a.
- Verdrahtung und Interconnects auf Flex: Lithographie, Druck, Additive Verfahren
- Chip Integration: Ultra dünne Silizium ICs, MEMS Integration
- Gedruckte Displays: Electro-chromic, E-Ink Technology
- Disposables für Medizin / Diagnostik – Mikrofluidik
- Emerging Technologies: HF ICs und Antennen Co-Design
- Spezielle Applikationen: E-Skin, Wearables, Medizin, IoT Knoten, Security Applikationen
- Reliability (ISO/IEC, IPC-TM-650, MIL-STE/D, JESD22 etc.)
- Produktions von Flexibler Elektronik, Kostenmodelle

In der Übung wird der Vorlesungsinhalt anhand von Übungen und Rechenbeispielen vertieft. In einem Besuch des Fraunhofer EMFT wird die Fertigung von Flexiblen

Systemen gezeigt und es besteht die Möglichkeit die Fertigungsanlagen und den Fertigungsprozess zu besichtigen.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Practical MEMS, Kaajakari, Small Gear Pub., 2009</li><li>• Flexible Electronics: Materials and Applications, Edited by William Wong &amp; Alberto Salleo</li><li>• American SEMI Papers from R. Chaney and D. Hackler</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 60 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlmodul EIT M.Sc. - MINT
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden</b>	1831

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	3

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18311	V/Ü/P	Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden	Wahlpflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Grundlagen der Chemie, wie durch Abitur vermittelt,
- Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik und Physik, wie im BSc Studium vermittelt,
- eventuell Programmierkenntnisse,
- eventuell Kenntnisse numerischer Modellierung.

#### Qualifikationsziele

Der/die Studierende erwirbt die Kompetenz, schwach und stark ionisierte, verdünnte Fluide mittels numerischer Strömungsmechanik und Plasmamodellierung zu simulieren. Er/sie wird in die Lage versetzt, Simulationen verdünnter, ionisierter Fluide durchzuführen sowie die Ergebnisse zu analysieren und mit experimentellen Referenzdaten zu vergleichen. Die Studierenden lernen den mathematischen Hintergrund der Modellierung dieser physikalischen Phänomene kennen und erlernen den Umgang mit der Software zur Durchführung dieser Simulationen. Im Bereich der elektrischen Satellitenantriebstechnologie sind die Modellierung und Analyse des Plasmas unabdingbar geworden und unterstützen den Design- und Optimierungsprozess bei der Entwicklung neuer Antriebe.

#### Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen und der praktischen Anwendung der Modellierung von verdünnten, ionisierten Fluiden bekannt gemacht. Sie erhalten Kenntnisse zum Einsatz dieses Wissens zur Simulation von Plasmen in der elektrischen Satellitenantriebstechnik.

- Sie erhalten eine Einführung in die Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik und Plasmamodellierung und den Umgang mit kommerzieller Modellierungssoftware.



- Sie erhalten eine Einführung in die praktische Modellierung realer Systeme.
- Auf Basis dieser Grundlagen werden in exemplarischer Weise Simulationen von Plasmen und verdünnter Gase durchgeführt.
- Die Studierenden erlernen die Auswertung der durchgeführten Simulation.

**Leistungsnachweis**

Mündliche Prüfung 30 min.

**Verwendbarkeit**

- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Biomedizinische Informationstechnik 1</b>	1846

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18461	VP	Biosignal-Messtechnik	Wahlpflicht	3
18464	VL	Konzepte von Fahrerassistenzsystemen	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt wird die Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit in kleinen Teams.
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur zuverlässigen und sicheren Registrierung und Darstellung von Körpersignalen und verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie kennen wesentliche Eigenschaften und Besonderheiten ausgewählter Biosignale wie EKG, EEG, EMG und differenzieren ein breites Spektrum von Anwendungsaspekten. Die Studierenden kennen grundlegende Konzepte und aktuelle Technologien von Fahrerassistenzsystemen und reflektieren kritisch die spezifischen Herausforderungen des Autonomen Fahrens. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.
Inhalt
Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert. Das Modul Biomedizinische

Informationstechnik 1 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignal-Messtechnik und Konzepte von Fahrerassistenzsystemen.

a) Lehrveranstaltung Biosignal-Messtechnik (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In verschiedenen Lehreinheiten wird die Erfassung und Verarbeitung biologischer Signale unter Verwendung des Biopac-Student-Lab ([www.biopac.com](http://www.biopac.com)) und der PhysioNet-Datenbank demonstriert. Teams von jeweils drei Studierenden führen Messungen sowie Auswertungen selbständig durch und erarbeiten so die einzelnen Lektionen in weitgehend freier Zeiteinteilung. In gemeinsamen Seminarveranstaltungen erörtern die Studierenden charakteristische Eigenschaften biologischer Signale und erarbeiten Techniken zur zuverlässigen Signalregistrierung. Dabei erhalten sie einen Einblick in die physiologischen Grundlagen biologischer Signalquellen und in die für die Messung erforderliche Sensor- und Digitalisierungstechnik. Sie machen sich mit den sicherheitstechnischen Aspekten der Signalerfassung am menschlichen Körper vertraut und erlernen die Grundlagen der digitalen Signaldarstellung im Zeit- und Spektralbereich. Anhand typischer Anwendungsbeispiele aus Medizin, Biowissenschaften und Ambient-Assisted Living werden die Inhalte schließlich konkretisiert und vertieft.

b) Lehrveranstaltung Konzepte von Fahrerassistenzsystemen (Prof. Dr. rer. nat. Dietrich Manstetten)

Die Lehrveranstaltung konzentriert sich auf den Kontext der Rolle des Menschen in der Fahrzeugführung und die zur Unterstützung dieser Aufgabe entwickelten technischen Systeme. Aktuelle Fahrerassistenzsysteme (Elektronisches Stabilitäts Programm ESP, Adaptive Cruise Control ACC, Notbremsysteme, Spurhalteunterstützung, Nachtsichtsysteme) werden aus Unfallforschung und Verkehrstheorie motiviert und im Detail erläutert. Die Implikationen für die sich ändernde Rolle des Fahrers werden dargestellt und anhand von informationstechnischen Technologien der Mensch-Maschine-Schnittstelle bzw. der Fahrerzustandserkennung konkretisiert. Die Studierenden erörtern Techniken zur Umwelterfassung und die dazu erforderliche Sensortechnologie. Sie erlernen Methoden zur Modellierung des Fahrerverhaltens und erhalten Einblick in den Systemtest mit Fahrsimulatoren und auf Teststrecken. Die Studierenden diskutieren die sinnvolle Gestaltung der Mensch-Maschine Schnittstelle und setzen sich mit technischen wie ethischen Aspekten des autonomen Fahrens auseinander.

Literatur

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019.
- Rangayyan RM: Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach, Wiley-IEEE Press, 2002
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Bengler K, Drücke J, Hoffmann S, Manstetten D, Neukum A (Eds.) (2017): UR:BAN Human Factors in Traffic - Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic. ATZ/MTZ Fachbuch, Springer-Vieweg, 2017

<ul style="list-style-type: none"><li>• Winner H, Hakuli S, Wolf G: Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. Verlag Vieweg&amp;Teubner, 2009.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 75 Minuten. (sP-75)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Wahlpflichtgruppe ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Seminar über Logik</b>	2489

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
24891	SE	Seminar über Logik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Bachelor EIT
Qualifikationsziele
Erwerb logischer Kenntnisse insbesondere unter wissenschaftstheoretischen Gesichtspunkten. Erlernen wesentlicher Vortragstechniken.
Inhalt
Das Seminar besteht aus Referaten, die von Studierenden zu halten sind sowie anschließender Diskussion. Die Referatsthemen stammen aus einem der folgenden Teilgebiete der Logik: Aussagenlogik, Prädikatenlogik, Modallogik, Logik der Forschung (Deduktion, Induktion, Falsifizierbarkeit, Paradigmen usw.), Geschichte der Logik (Aristoteles, Pascal, Frege, Wittgenstein).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Beckermann: Einführung in die Logik, de Gruyter 2010.</li> <li>• J. Flum: Einführung in die mathematische Logik, Spektrum Akademischer Verlag 2007.</li> <li>• K. Popper: Logik der Forschung, Oldenbourg Akademieverlag 2013.</li> <li>• John Dewey: Logik: Die Theorie der Forschung, Suhrkamp Verlag 2002.</li> </ul>
Leistungsnachweis
Notenschein (Portfolioprüfung: Präsentation 30 min. (80%), aktive Teilnahme an der Diskussion aller anderen Vorträge (20%)). Bearbeitungszeitraum 5-10 Wochen.
Verwendbarkeit
Master EIT; alle Vertiefungsrichtungen.

Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Statistik für Ingenieure</b>	3442

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Robert Schmied	Wahlpflicht	1

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
34421	VÜ	Statistik für Ingenieure Vorlesung	Wahlpflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Den Modulen Mathematik I-III entsprechende Vorkenntnisse
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur Modellierung zufallsabhängiger Vorgänge,</li> <li>• Fähigkeit zur Bestimmung und Interpretation von uni- und multivariaten Kenngrößen,</li> <li>• Fähigkeit zur Unterscheidung und Anwendung verschiedener Schätzverfahren,</li> <li>• Fähigkeit zur Formulierung und Prüfung statistischer Hypothesen,</li> <li>• Fähigkeit zur Modellierung zeitlich sich entwickelnder zufälliger Vorgänge,</li> <li>• Fähigkeit zum Umgang mit anerkannter Software im Bereich der Datenanalyse</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie: Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Standardverteilungen,</li> <li>• Induktive Statistik: Punkt- und Konfidenzschätzung von Parametern, Prüfung statistischer Hypothesen,</li> <li>• Deskriptive Statistik: Kenngrößen und grafische Repräsentation uni- und bivariater Merkmale,</li> <li>• Markowsche Ketten</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cramer, Kamps: Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik, Springer Verlag</li> <li>• Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, Vieweg Verlag,</li> <li>• Toutenburg, Induktive Statistik, Springer Verlag,</li> <li>• Toutenburg, Deskriptive Statistik, Springer Verlag</li> </ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 75 Minuten.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen,</li><li>• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester



Modulname	Modulnummer
<b>MATLAB essentials</b>	3684

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	Wahlpflicht	2

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

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36841	VÜ	MATLAB essentials	Wahlpflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

**Voraussetzungen laut Prüfungsordnung**

keine

**Empfohlene Voraussetzungen**

Vorausgesetzt wird die Bereitschaft zur eigenmotivierten aktiven Mitarbeit in kleinen Teams

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden verstehen und beherrschen die wesentlichen Schlüsseltechniken der matrixorientierten Programmierung. Sie sind vertraut mit speziellen und weiterführenden Konzepten zur strukturierten und modularen Programmierung in MATLAB und können auch komplexere interaktive Benutzerschnittstellen realisieren. Neben der generellen Fähigkeit zur algorithmischen Umsetzung ingenieurstypischer Problemstellungen besitzen die Studierenden Sicherheit im selbständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.

**Inhalt**

MATLAB® ist ein interaktives, matrixorientiertes Programmpaket zur Berechnung, Visualisierung und Programmierung wissenschaftlich-technischer Fragestellungen. Die Vorlesung MATLAB essentials bietet einen umfassenden Einblick in dieses vielseitige, in den Ingenieurwissenschaften weitverbreitete Werkzeug. Die Vorlesung wird als Blended-Learning Kurs angeboten und verknüpft eine Selbstlernkomponente mit Vorlesungsanteilen im Seminarstil. Anhand eines ausführlichen Skripts und ausgewählter Übungsaufgaben bereiten die Studierenden die einzelnen Lehreinheiten in weitgehend freier Zeiteinteilung zunächst selbständig in kleinen Teams am eigenen Rechner vor. Ein internet-basiertes Lernportal stellt dabei den Kontakt zum Dozenten und zu den anderen Kursteilnehmern sicher. In den begleitenden Seminarveranstaltungen werden die erarbeiteten Lösungen dann präsentiert, Problemstellen und alternative Lösungsansätze diskutiert und die Inhalte weiter vertieft. Nach einer grundlegenden Einführung in die matrixorientierte Programmierung werden verschiedene Möglichkeiten zur Visualisierung und graphischen Darstellung vorgestellt. Die Studierenden lernen

die von MATLAB unterstützten Datentypen und –strukturen kennen und realisieren einfache Benutzerschnittstellen und –dialoge. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung werden die erlernten Techniken dann weiter vertieft und verfeinert. Die Studierenden beschäftigen sich ausführlich mit der modularen und rekursiven Programmierung unter Nutzung eingebetteter und verschachtelter Funktionen. Sie erlernen die flexible Parameterübergabe über Parameter-Value Kombinationen, werden mit den vielfältigen Möglichkeiten zum Datenimport und –export vertraut gemacht und erstellen komplexe interaktive Benutzeroberflächen mittels Callbacks.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Rabe M, Staude G: Skript zur Vorlesung MATLAB essentials</li><li>• Schweizer W: MATLAB kompakt. 7. Auflage. De Gruyter Oldenbourg, 2022</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90).
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul> <p>Hinweis: Das Modul ist nur dann verwendbar, wenn die Lehrveranstaltung MATLAB essentials nicht bereits im Rahmen eines anderen Moduls eingebracht wurde!</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich</b>	3685EIT

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Wolf	Wahlpflicht	2

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

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36851	VL	Rechnerarchitekturen und ihre Realisierung für die PDV	Wahlpflicht	1
36852	SP	Studienprojekt Microcontroller	Wahlpflicht	2
36853	SP	Studienprojekt Signalprozessor	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

## Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse der Digitaltechnik und der Programmierung (BSc-Pflichtfächer), die Teilnahme an der Vorlesung „Architektur und Programmierung von Mikrocontrollern im BSc-Studiengang oder vergleichbares Vorwissen sowie Bereitschaft zur eigenmotivierten aktiven Mitarbeit in kleinen Teams.

## Qualifikationsziele

Die Studierenden besitzen in Ergänzung ihrer Basiskenntnisse aus der Digitaltechnik und der Informationsverarbeitung das grundlegende methodische Wissen im Bereich Prozessdatenverarbeitung (PDV), was sie befähigt, Konzepte für Lösungen von PDV-Aufgabenstellungen zu erstellen. Die Vertiefung ihrer Basiskenntnisse durch den Erwerb von vertieften Kenntnissen zur Anwendung von Mikrocontrollern in der Automatisierungstechnik, eine Kernanwendung in der PDV, sowie von erweitertem methodischen Wissen zum Bereich Signalprozessoren und deren Programmierung erlaubt den Studierenden das sichere Beherrschen der jeweiligen Programmentwicklungsumgebungen und der Programmierung in der jeweiligen Maschinsprache bei der Realisierung von Lösungskonzepten. Die Studierenden erwerben praktische Erfahrung im Umgang mit diesen beiden Rechnerarchitekturen durch das training on Job in zwei Studienprojekten, in denen sie im Team jeweils eine komplexe Anwendung bearbeiten müssen. Bei der kooperativen Arbeit in der Gruppe erlernen sie das persönliche und inhaltliche Navigieren in einem Entwicklungsteam.

## Inhalt

Lehrveranstaltung „Rechnerarchitekturen und ihre Realisierung für die PDV“ WP 1 TWS

Den Studierenden wird zunächst grundlegend aufgezeigt, dass im Bereich der Rechneranwendungen die Prozessdatenverarbeitung (PDV) bei der Rationalisierung

in der Produktion und der Automatisierung von Fertigungsprozessen eine bedeutende Stellung einnimmt, wobei technologisch vorwiegend Mikrocontroller (MCU) zur Ablaufsteuerung von Maschinentzyklen und Prozessen zum Einsatz kommen, während Signalprozessoren meist die hochkomplexe Überwachung von Kontrollsignalen übernehmen. Die grundsätzlichen Rechnerarchitektur-Konzepte dieser verschiedenen Prozessor-Typen werden im nachfolgenden Vorlesungsteil behandelt. Das schließt die Einführung in die maschinennahe Programmierung durch Verwendung von Assembler-Sprachen mit ein. Letzteres wird in den beiden nachfolgenden Studienprojekten vertieft.

#### Lehrveranstaltung „Studienprojekt Mikrocontroller“ WP 2 TWS

Anhand von exemplarischen Beispielen (z.B. Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors, Steuerung von Ablaufsequenzen bei Werkzeugmaschinen, Messung von konditionierten Reaktionszeiten) erlernen und vertiefen die Studierenden das maschinennahe Programmieren von Mikrocontrollern. Dabei wird ihnen der Umgang mit der Entwicklungsumgebung (Assembler, PC-Kopplung, Debugging) geläufig. Eine wesentliche Inhaltskomponente stellt hier auch die Lösungsskizzierung durch Kommentarzeilen im Programm-Code und die Dokumentation in dem anzufertigenden Projektbericht dar. Zur Durchführung des Studienprojekts steht den Studierenden eine Entwicklungsumgebung für den  $\mu\text{C}$  HC 6812 sowie Produktionsstraßenmodelle zur Verfügung.

#### Lehrveranstaltung „Studienprojekt Signalprozessor“ WP 2 TWS

In diesem Teilmodul vertiefen die Studierenden ihre Kenntnisse zu Rechenkernen, die auf der Harvard-Architektur basieren. Da diese wesentlich komplexer als die von-Neumann-Architektur von Mikrocontrollern ist, aber dafür bei Signal-Monitoring-Aufgaben auch wesentlich leistungsfähiger, ist hier aus Zeitaufwandsgründen nur das Lösen einfacher Probleme in einem Studienprojekt möglich (z.B. Detektion von Signalereignissen, Auswertung von Zeitverläufen, Bestimmung von Schwingungsfrequenzen). Die Ergebnisse sind dann in dem für beide Studienprojekte gemeinsamen Projektbericht zu dokumentieren.

#### Literatur

- Andrew S. Tanenbaum, Rechnerarchitektur: Von der digitalen Logik zum Parallelrechner, Pearson Studium; Auflage: 6., aktualisierte (1. März 2014)
- Kupris G., Thamm O., Mikrocontroller- Design. Hard- und Softwareentwicklung mit dem 68HC12/HCS12. Hanser, 2003
- Reißerweber B, Prozessdatenverarbeitung, Oldenbourg, 1995, Signatur: /I-LB785

#### Leistungsnachweis

Der Leistungsnachweis für das Modul (Portfolioprüfung, Bearbeitungszeitraum 12-24 Wochen) erfordert die Anfertigung einer schriftlichen Projektdokumentation mit ca. 10 Seiten Umfang (gemeinsam für beide Studienprojekte) sowie die Teilnahme an einer schriftlichen Klausur von 45 Minuten Dauer, die alle 3 Lehrveranstaltungen umfasst. Die Gesamtnote ergibt sich gewichtet aus den Teilleistungen "Projektdokumentation" mit 20 % und "Prüfung" mit 80 %. Beide Teilleistungen müssen aber mindestens bestanden sein. Der Leistungsnachweis wird in einem benoteten Teilnahmechein bestätigt.

<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang CAE M.Sc.</li><li>• EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem Semester (vorzugsweise FT), Startzeitpunkt ab 2. M.Sc. Semester

Modulname	Modulnummer
<b>Microcontroller und SPS im Vergleich - ein Studienprojekt</b>	3825

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Wolf	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	30	120	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
38251	VL	Grundlagen zu den Prozessrechner-Einheiten „Mikrocontroller“ und „Speicherprogrammierbare Steuerungen“ (SPS)	Wahlpflicht	1
38252	SP	Studienprojekt Mikrocontroller	Wahlpflicht	2
38253	SP	Studienprojekt SPS	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse der Digitalen Schaltungstechnik und der Programmierung
- Basiswissen in den Bereichen Mikrocontroller-Programmierung und SPS
- Gute Programmierkenntnisse in einer Programmiersprache (z.B. C, Java)

Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben grundlegendes methodisches Wissen zum Bereich der Prozessdatenverarbeitung (PDV) und sind damit in der Lage, ihr Grundlagenwissen aus der Digitaltechnik sowie Regelungstechnik mit den spezifischen Problemstellungen der Prozessdatenverarbeitung zu verknüpfen; damit werden sie zur Entwicklung von Lösungsansätzen zur Automatisierung von Steuer- und Regelungsaufgaben unter Verwendung von Mikrocontrollern und Speicherprogrammierbaren Steuerungen befähigt. Zur Anwendung von Mikrocontrollern besitzen sie dann qualifizierte Kenntnisse der Assembler-Programmierung; im Bereich Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) sind sie vertraut mit der in der Automatisierung am weitesten verbreiteten Technik. Die beiden als Studienprojekte gestalteten Lehrveranstaltungsteile erlauben den Studierenden ein Training on Job, in dem sie Erfahrungen im Umgang mit in der praktischen Anwendung auftretenden Problemen erwerben. Dabei werden auch ihre Fähigkeiten in den nichtfachspezifischen Elementen „Teamfähigkeit“ und „selbstmotiviertes Arbeiten“ weiter gestärkt.

Inhalt
<p>a) Grundlagen zu den Prozessrechner-Einheiten „Mikrocontroller“ und „Speicherprogrammierbare Steuerungen“ (SPS)</p> <p>Der Bereich der Rechneranwendungen in der Prozessdatenverarbeitung (PDV) wird aufgezeigt, da er bei der Rationalisierung und Automatisierung eine bedeutende Stellung einnimmt. Dabei stehen technologisch vorwiegend Microcontroller (MCU) und SPS-Lösungen im Anwendungsbereich im Vordergrund, die beide auf dem gleichen Grundkonzept eines Prozessrechnerkerns (MCU) basieren. So wird zur Einführung auf den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise einer MCU am Beispiel des Mikrocontrollers MC912DG128A eingegangen. Abschließend werden die Studierenden in die beiden Programmiersprachen Assembler und STEP7 eingewiesen.</p>
<p>b) Studienprojekt Mikrocontroller</p> <p>Zur Vertiefung der Grundkenntnisse aus der vorangehenden Vorlesung bearbeiten die Studierenden dann in einem Studienprojekt ein exemplarisches Beispiel (z.B. Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors, Werkzeugmaschinensteuerung, Ablaufsteuerung einer Reaktionszeitmessung). Die Programmierung erfolgt in Assembler, da dies den direkten Einblick in die MCU erlaubt. Dabei ist auch der Programmtest mit Hilfe des Debugging eingeschlossen. Für diesen Teil der Lehrveranstaltung steht ein Entwicklungssystem in einem Praktikumsraum zur Verfügung, an dem die Studierenden diese Lehrinhalte selbständig und in freier Zeiteinteilung erarbeiten.</p>
<p>c) Studienprojekt SPS</p> <p>Vergleichend mit der Technik der Mikrocontroller werden die Studierenden mit der Technik der Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) befasst, wobei als Basis die SIMATIC als ein in der Automatisierungstechnik für Steuerungs- und Regelungsaufgaben vielseitig eingesetztes Produkt mit der Programmiersprache STEP7 verwendet wird. Die besondere Modultechnik mit spezialisierten Eingabe- und Ausgabe-Schnittstellen, über die die SPS mit Sensoren und Aktuatoren verbunden ist, benutzen die Studierenden dann, um einen als Modell aufgebauten Fertigungsprozess zu steuern und zu überwachen. Sie erkennen dabei den wesentlichen Vorteil der SPS, dass sie programmierbar ist und damit jederzeit flexibel Produkt-, Ablauf- oder Fertigungsveränderungen angepasst werden kann.</p>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kupris G., Thamm O., Mikrocontroller- Design. Hard- und Softwareentwicklung mit dem 68HC12/HCS12. Hanser, 2003</li><li>• Ungerer T., Brinkschulte U., Mikrocontroller und Mikroprozessoren. Springer, 2007</li><li>• <a href="http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC912DT128A.pdf">http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC912DT128A.pdf</a></li><li>• Jacobson E., Einführung in die Prozessdatenverarbeitung, Hanser, 1996</li><li>• Reißerweber B, Prozessdatenverarbeitung, Oldenbourg, 1995, Signatur: /I-LB785</li><li>• G. Wellenreuther, D. Zastrow, Automatisieren mit SPS - Theorie und Praxis. Vieweg-Verlag, 2008.</li></ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
Der Leistungsnachweis für das Modul (Portfolioprüfung, Bearbeitungszeitraum 12-24 Wochen) erfordert die Anfertigung einer schriftlichen Projektdokumentation mit ca. 10 Seiten Umfang (gemeinsam für beide Studienprojekte) sowie die Teilnahme an einer schriftlichen Klausur von 45 Minuten Dauer, die alle 3 Lehrveranstaltungen umfasst. Die Gesamtnote ergibt sich gewichtet aus den Teilleistungen "Projektdokumentation" mit 20 % und "Prüfung" mit 80 %. Beide Teilleistungen müssen aber mindestens bestanden sein. Der Leistungsnachweis wird in einem benoteten Teilnahmechein bestätigt.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT



Modulname	Modulnummer
<b>Ausgewählte Anwendungen der Informationstechnik</b>	4214

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

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	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
42141	VÜ	Satellitennavigation	Wahlpflicht	3
42142	VÜ	Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse in Mathematik und Physik, wie sie in den Bachelor-Studiengängen vermittelt werden. Außerdem sind Kenntnisse über die Eigenschaften und die Beschreibung von Signalen und Übertragungssystemen in der Nachrichtentechnik hilfreich.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden besitzen erweiterte und vertiefte Kenntnisse in zwei wichtigen Anwendungsgebieten der Informationstechnik, der Satellitennavigation und der Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung.

##### a) Lehrveranstaltung Satellitennavigation

Die Studierenden werden in dieser Lehrveranstaltung zunächst mit den Grundkenntnissen der Geometrie zu radiobasierten Positionierungsverfahren vertraut gemacht. Sie verstehen grundlegende, als auch analytische lauffzeitbasierte Positionierungsverfahren. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, selbstständig die Positionsschätzung durch Tracking-Algorithmen des empfangenen Signals zu verbessern. Sie prüfen detailliert die Signale von verschiedenen Satellitennavigationssystemen und analysieren eigenständig deren gängige Fehlerquellen.

##### b) Lehrveranstaltung Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung

Die Studierenden erlangen ein grundlegendes Verständnis der Prinzipien der Mustererkennung. Sie verstehen die periphere Verarbeitung von Schall und Licht beim Menschen. Sie gewinnen ein Verständnis über statische Klassifikation und entsprechende Klassifikatoren, über die digitale Filterung von Sprach- und Bildsignalen sowie die Sprach- und Bildererkennung.

Inhalt
<p><u>a) Lehrveranstaltung Satellitennavigation (Dr. Michael Walter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)</u></p> <p>Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Satellitennavigationssysteme. Sie machen mit Orbits, Koordinatensystemen und Zeitsystemen Bekanntschaft. Die Studierenden erlernen die Fähigkeit, Radionavigationsmethoden zu vergleichen und werden mit GPS Signalen vertraut gemacht. Sie diskutieren die Positions- und Geschwindigkeitsschätzung und lernen das Tracking kennen. Die Studierenden erlernen die verschiedenen Fehlerquellen und die Effekte der ihnen bereits bekannten Mehrwegeausbreitung für das Navigationssignal. Sie setzen sich mit der Modernisierung der Satellitensignale und der Interferenz auseinander. Die Studierenden machen mit Jamming und Spoofing Bekanntschaft und schätzen deren Wirkungsweisen ein. Je nach Verfügbarkeit und Interesse wird die Lehrveranstaltung ggf. durch eine Exkursion zum Satellitenkontrollzentrum des DLR in Oberpfaffenhofen ergänzt.</p>
<p><u>b) Lehrveranstaltung Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung (Prof. Dr. rer. phil. nat. Harald Höge)</u></p> <p>Die Studierenden erlernen die Prinzipien der Mustererkennung, der Signalaufnahme, der Merkmalsextraktion und der Klassifikation (Erkennung) von Objekten. Sie lernen die periphere menschliche Verarbeitung des Schalls und des Lichts und Funktion/Empfindung des Ohrs sowie die Funktion/Empfindung des Auges kennen. Sie erhalten Kenntnisse über die Einhaltung der Abtasttheoreme, die maschinelle Merkmalsgewinnung aus Schall- und Lichtsignalen über die Funktionsweisen von Kamera, Mikrofon und Lautsprecher. Sie erlernen die maschinelle digitale Verarbeitung, die digitale Filterung von Sprach- und Bildsignalen, die digitale Abtastung und Verarbeitung anzuwenden. Die Studierenden lernen die Bestimmung des Leistungsspektrums von Sprache und die Richtungsfilterung von Bildsignalen. Sie erlernen die Normalisierung Gaußverteilter Merkmale, die Segmentierung von Objekten und die statistische Klassifikation (Pattern Recognition) basierend auf der Bayes'schen Entscheidungsregel. Sie erlernen diese Methoden in der Lauterkennung (Spracherkennung) und in der bildlichen Objekterkennung (Bilderkennung) anzuwenden.</p>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance</li> <li>• Maral, Bousquet: Satellite Communication Systems. Wiley</li> <li>• Agrawal: Satellite Technology. Wiley</li> <li>• weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben</li> </ul>
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung 75 Min. (sP-75)
Verwendbarkeit
EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
<b>Biomedizinische Informationstechnik 2</b>	6067

Konto	MINT Wahlmodule
-------	-----------------

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
18462	VÜ	Biosignalverarbeitung	Wahlpflicht	3
18463	VL	Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorausgesetzt werden Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung, wie sie im Modul Signalverarbeitung oder im Modul Biomedizinische Informationstechnik 1 vermittelt werden</li> <li>MATLAB-Grundkenntnisse sind hilfreich, aber nicht zwingend erforderlich</li> </ul>
Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur sicheren Modellierung, Verarbeitung und Interpretation biologischer Signale. Sie sind mit möglichen Störquellen vertraut und besitzen die Fähigkeit, registrierte Signale kritisch auf Artefakte zu hinterfragen und die Gefahr möglicher Fehlinterpretationen fundiert einzuschätzen. Sie sind sicher im Umgang mit ausgewählten Werkzeugen der Biosignalverarbeitungskette, reflektieren deren Stärken und Schwächen und sind in der Lage, diese Werkzeuge auch bei neuen Fragestellungen gezielt einzusetzen. Die Studierenden können menschliche Verhaltensaspekte in der Interaktion mit IT-Systemen fundiert beurteilen und sind fähig, diese zu modellieren und beim Entwurf von IT-Systemen gezielt zu berücksichtigen. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.</p>
Inhalt
Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-

Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert. Das Modul Biomedizinische Informationstechnik 2 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignalverarbeitung und Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen.

a) Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude):

In der Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung werden, nach einer kurzen Einführung in die Basiswerkzeuge der digitalen Signalverarbeitung, die klassischen Stufen der Biosignalverarbeitungskette von der optimalen Signalaufbereitung bis hin zur Klassifikation und Entscheidungsfindung erörtert. Dabei werden ausgewählte Methoden der Biosignalverarbeitung vorgestellt, die die Studierenden dann selbst in einer MATLAB-Umgebung implementieren und auf synthetische und reale Biosignale anwenden. Dabei konzentriert sich die Lehrveranstaltung neben der Modellierung biomedizinischer Signalquellen auf lineare und nichtlineare Methoden zur Signalanalyse und Merkmalsextraktion, Überwachungs- und Algorithmen sowie Methoden zur Mustererkennung und Diagnoseunterstützung. Abschließend werden Strategien für die ambulante Erfassung von Langzeitdaten vorgestellt.

b) Lehrveranstaltung Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen (Prof. Dr.-Ing. Werner Wolf):

Die Lehrveranstaltung befasst sich mit Konzepten der menschlichen Informationsverarbeitung und der menschlichen Physiologie und deren Abbildung in Informationssystemen. Ausgehend von Beispielen der Fahrermodellierung und der Beschreibung menschlichen Verhaltens in Sicherheitssystemen werden grundlegende Modellierungsprinzipien und -vorgehensweisen detailliert erläutert. Die informationstechnischen Verfahren werden in den Beispieldomänen um menschliche Verhaltensaspekte (human factors) erweitert. Die Studierenden analysieren die „Funktionsweise“ des Menschen und erörtern wichtige Konzepte zur Modellierung des Menschen als Regelelement.

**Literatur**

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019
- Bruce EN: Biosignal Processing and Signal Modelling. Wiley, New York, 2001
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Rabe M, Staude G: Skript zur Vorlesung MATLAB essentials
- Bungartz HJ, Zimmer S, Buchholz M, Pflüger D: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung. Verlag Springer, 2009
- B. Schneider, „Die Simulation menschlichen Panikverhaltens - Ein Agenten-basierter Ansatz“. Verlag Vieweg&Teubner, Wiesbaden, 2011.

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75).
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Masterarbeit EIT</b>	1233

Konto	Masterarbeit - EIT 2024
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Pflicht	4

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

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden die allgemeinen Kenntnisse aus dem Master- Studium.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können eine anspruchsvolle Aufgabe selbständig analysieren und mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten. Sie haben Erfahrung in der Entwicklung von Lösungsstrategien und in der Dokumentation ihres Vorgehens. Sie haben in einem speziellen Forschungsgebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik vertiefende praktische Erfahrung gesammelt.
Inhalt
In der Master-Arbeit soll eine Aufgabe aus einem begrenzten Problemkreis unter Anleitung selbständig mit bekannten Methoden wissenschaftlich bearbeitet werden. In der Arbeit sind die erzielten Ergebnisse systematisch zu entwickeln und zu erläutern. Sie wird in der Regel individuell und eigenständig durch die Studierenden bearbeitet, kann aber je nach Thema auch in Gruppen von bis zu drei Studierenden bearbeitet werden.
Leistungsnachweis
Es ist eine schriftliche Ausarbeitung zu erstellen und diese ist im Rahmen eines Kolloquiums zu präsentieren. Die Präsentation findet als Vortrag von ca. 20-30 Minuten Dauer statt. Die Präsentation wird benotet und geht mit 1/15 (entsprechend 2 Leistungspunkte) in die Modulnote ein.
Verwendbarkeit
Die Anfertigung der Master-Arbeit bereitet auf eigenständige systematisch durchgeführte Arbeitsvorgänge in der beruflichen Tätigkeit oder der wissenschaftlichen Forschung vor.
Dauer und Häufigkeit
5 Monate

Modulname	Modulnummer
studium plus 3, Seminar und Training	9903

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

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Zentralinstitut studium plus	Pflicht	

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

### Qualifikationsziele

**studium plus-Seminare:** Die Studierenden erwerben profunde **Allgemeinbildung und Schlüsselqualifikationen** für künftige Führungskräfte, um das Studium als starke, mündige Persönlichkeiten zu verlassen. Die *studium plus*-Seminare bereiten die Studierenden dadurch auf ihre Berufs- und Lebenswelt vor und ergänzen die im Studium erworbenen Fachkenntnisse. Die Allgemeinbildung und die Befähigung zu ganzheitlichem Denken erweitern die Perspektive des Fachstudiums. Dadurch lernen die Studierenden, das im Fachstudium erworbene Wissen in komplexe Zusammenhänge einzuordnen und ausgewählte Themen in Relation zu anderen Wissenschaften zu setzen.

Die exemplarische Auseinandersetzung mit gesellschaftsrelevanten Fragestellungen befähigt die Studierenden zu eigenständiger Urteilsbildung und kompetenter Positionierung in aktuellen Diskussionen, schult ihre personalen, sozialen und methodischen Kompetenzen und erweitert ihre Führungsqualitäten z.B. durch die Einführung in Konfliktlösungsstrategien und interkulturellen Dialog. Damit verfügen die Studierenden über zentrale Schlüsselkompetenzen für ihr späteres Berufsleben innerhalb wie außerhalb der Bundeswehr. Durch die Vermittlung von Wissen werden die mündige Teilhabe an sozialen, kulturellen und politischen Prozessen der modernen Gesellschaft und daraus entspringendes verantwortliches Handeln gefördert. Damit steht die Persönlichkeitsbildung der Studierenden in ihren intellektuellen, ethischen und pragmatisch-sozialen Dimensionen im Fokus.

**studium plus-Trainings:** 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. 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.

### Inhalt

Die **studium plus -Seminare** bieten Lerninhalte, die Allgemeinbildung und Schlüsselqualifikationen vermitteln und 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 **Allgemeinbildung** werden die Studierenden beispielsweise

mit den Grundlagen fachfremder Wissenschaften vertraut gemacht, sie lernen Denkweisen und "Kulturen" anderer wissenschaftlicher Disziplinen und Wissensgebiete kennen. Bei der Vermittlung von **Orientierungswissen** im Sinne der Erkenntnis politischer Zusammenhänge, historischer Hintergründe und ethischer Fragestellungen steigern die Studierenden ihr Reflexionsniveau, indem sie sich exemplarisch mit gesellschaftsrelevanten Themen auseinandersetzen. Bei der Vermittlung von Partizipationswissen steht der Erwerb von Schlüsselkompetenzen im Vordergrund. Die Seminare finden wöchentlich 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 **studium plus- Trainings** entsprechen den Trainings für Führungskräfte in modernen Unternehmen und bieten **berufsrelevante** und an den Themen der aktuellen Führungskräfteentwicklung von Organisationen und Unternehmen orientierte **Lerninhalte und Kompetenzen**. Sie finden überwiegend am Wochenende statt. 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 Formen möglich: Seminararbeit, Portfolio (bestehend aus mehreren kleinen Teilleistungen: Referat, Hausarbeit, Gruppenarbeit, Mitarbeit in der Lehrveranstaltung etc.). Bei einem Portfolio erhält der Studierende verbindliche Angaben darüber, mit welchem prozentualen Anteil die jeweiligen Teilleistungen gewichtet werden. Der bzw. die Modulverantwortliche gibt zu Beginn der jeweiligen Veranstaltung bekannt, welcher Leistungsnachweis aus den genannten Alternativen verlangt wird, wie lange die konkrete Bearbeitungszeit beträgt und welchen Umfang die zu erbringende Leistung hat. Der Erwerb des Scheins ist an die regelmäßige Anwesenheit und aktive Mitarbeit 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:** in Trainings werden Teilnahmescheine erworben. Die erfolgreiche Teilnahme setzt aktive, engagierte Mitarbeit im Training sowie respektvollen Umgang miteinander voraus. Die Trainings sind unbenotet, die Zuerkennung der ECTS-Leistungspunkte setzt jedoch die aktive, engagierte Teilnahme an der gesamten Trainingszeit voraus.

#### Verwendbarkeit

Das Modul ist für sämtliche Masterstudiengänge gleichermaßen geeignet.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 mal 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>Elektrische Energietechnik - EET</b>		
		<b>7a</b>	<b>Pflichtmodule PFL für EET</b>		<b>30</b>
1	1	1241	Automatisierungstechnik	C. Hillermeier	5
1	1	4131	Kraftwerkstechnik und Berechnung regenerativer Systeme	T. Weyh	6
1	3	4132	Dynamik & Regelung elektrischer Antriebe, EMV in der Energietechnik	D. Gerling	8
1	1	4133	Systeme der Leistungselektronik	T. Brückner	6
3	3	4134	Sensorik und Elektrische Messtechnik	C. Kargel	5
		<b>7b</b>	<b>Wahlpflichtmodule WPFL für EET</b>		
		<b>7b1</b>	<b>WPFL Vertiefungen für EET</b>		<b>15</b>
1	1	1282	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	C. Kargel	5
1	1	1369	Grundlagen der Blitzschutztechnik	F. Heidler	5
3	3	4135	Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	T. Weyh	5
2	2	6058	Regelung für energietechnische Systeme	C. Hillermeier	5
5	5	6066	Elektrische Antriebe für Satelliten	J. Schein	5
		<b>7b2</b>	<b>WPFL Simulation für EET</b>		<b>10</b>
1	1	1223	FEM in der Antriebstechnik	D. Gerling	5
4	4	1446	Simulation leistungselektronischer Systeme	T. Brückner	5
2	2	1493	Praktikum: Numerische Simulation in der Technik	M. Richter	5
1	1	1924	Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW	C. Kargel	5
		<b>7b3</b>	<b>WPFL Praktika für EET</b>		<b>15</b>
3	2	1226	Praktikum: Elektrische Antriebe	D. Gerling	5
2	2	1227	Praktikum: Elektrische Maschinen	D. Gerling	5
2	2	1359	Praktikum: Leistungselektronik	T. Brückner	5
3	3	1504	Praktikum: Simulink für Hardware in the Loop	D. Gerling	5
2	2	6055	Praktikum Hochspannungstechnik	F. Heidler	5
		<b>8</b>	<b>Sichere Kommunikation und Elektronik - SKE</b>		
		<b>8a</b>	<b>Pflichtmodule PFL für SKE</b>		<b>30</b>
1	1	4136	System on Chip Entwurf	M. Korb	5
1	1	4137	Werkstoffe der Halbleiterelektronik	G. Düsberg	5
3	3	4138	Kommunikationsnetze II	C. Mas Machuca	5
3	3	4139	Digitale Bildverarbeitung und Deep Learning	C. Kargel	5
1	1	4150	Funksysteme und Antennen	S. Lindenmeier	5
1	1	6050	Signalverarbeitung	A. Knopp	5

		<b>8b</b>	<b>Wahlpflichtmodule WPFL für SKE</b>		
		<b>8b1</b>	<b>WPFL Communication Systems für SKE</b>		<b>20</b>
3	3	1457	Kryptologie	R. Schmied	5
2	2	2996	Mobilkommunikation und Radartechnik	S. Lindenmeier	5
4	4	4140	Photonische Netze	C. Mas Machuca	5
4	4	4143	CAD und Wellenausbreitung	W. Pascher	5
1	1	4151	Space Communications	A. Knopp	5
3	3	6053	Kanalcodierung	A. Knopp	5
2	2	6060	Digitale Filter und Array Processing	A. Knopp	5
		<b>8b2</b>	<b>WPFL Zuverlässige Mikro- und Nanoelektronik für SKE</b>		<b>20</b>
4	4	1488	Halbleitersensoren und Mikrosysteme	C. Kutter	5
3	3	1917	Nanoelectronic devices and sensors	G. Düsberg	5
2	2	1918	Halbleitertechnologie und -zuverlässigkeit	G. Düsberg	
3	1	1919	Advanced Analog Integrated Circuit Design	L. Maurer	5
2	2	1920	Modern Digital ASIC Design	M. Korb	5
1	1	2317	Quantencomputing für Ingenieure	M. Richter	5
1	2	4147	Resilient Integrated Circuits	M. Korb	5
		<b>9</b>	<b>MINT Wahlmodule</b>		<b>15</b>
4	4	1224	Projektseminar Elektrische Antriebstechnik / Mechatronik	D. Gerling	5
2		1229	Auslandspraktikum I	M. Korb	5
2		1230	Auslandspraktikum II	M. Korb	5
2	3	1279	Nichtlineare Regelung	C. Hillermeier	5
3	3	1287	Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme	A. Knopp	5
3	3	1296	Praktikum: Plasmatechnik	J. Schein	5
3	3	1307	Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	T. Weyh	5
1	1	1326	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	G. Düsberg	6
4	4	1463	Flexible hybride Elektronik und Integration	C. Kutter	5
3	3	1831	Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden	J. Schein	5
1	1	1846	Biomedizinische Informationstechnik 1	G. Staude	5
1	1	2489	Seminar über Logik	M. Korb	5
1	1	3442	Statistik für Ingenieure	R. Schmied	5
2	2	3684	MATLAB essentials	G. Staude	5
2	2	3685EIT	Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich	W. Wolf	5
3	3	3825	Microcontroller und SPS im Vergleich - ein Studienprojekt	W. Wolf	5
3	3	4214	Ausgewählte Anwendungen der Informationstechnik	A. Knopp	5
3	2	6067	Biomedizinische Informationstechnik 2	G. Staude	5
		<b>12</b>	<b>Masterarbeit - EIT 2024</b>		<b>30</b>
4		1233	Masterarbeit EIT	D. Gerling	30
		<b>99MA (neu)</b>	<b>Verpflichtendes Begleitstudium plus</b>		<b>5</b>
		9903	studium plus 3, Seminar und Training	Z. studium plus	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
1	12231	FEM in der Antriebstechnik I (Theorie)	Vorlesung	Pf	2
1	12232	FEM in der Antriebstechnik II (Anwendungen)	Übung	Pf	3
1	12411	Automatisierungstechnik	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	12821	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	Oberseminar	WPf	5
1	13261	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	Seminar	WPf	6
1	13691	Grundlagen der Blitzschutztechnik	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	18461	Biosignal-Messtechnik	Vorlesung/Praktikum	WPf	3
1	18464	Konzepte von Fahrerassistenzsystemen	Vorlesung	WPf	2
1	19191	Advanced Analog Integrated Circuit Design	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	19241	Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW Oberseminar	Oberseminar	WPf	5
1	23171	Quantencomputing für Ingenieure	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	24891	Seminar über Logik	Seminar	WPf	5
1	34421	Statistik für Ingenieure Vorlesung	Vorlesung/Übung	WPf	4
1	41311	Kraftwerkstechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	41312	Berechnung regenerativer Systeme	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	41321	Dynamik & Regelung elektrischer Antriebe I	Vorlesung/Übung	Pf	2
1	41331	Systeme der Leistungselektronik	Vorlesung/Übung	Pf	6
1	41361	System on Chip Entwurf	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	41371	Werkstoffe der Halbleiterelektronik	Vorlesung/Übung	Pf	4
1	41471	Reliability of integrated circuits	Vorlesung/Übung	WPf	3
1	41501	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	41502	Praktikum Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Praktikum	Pf	2
1	41511	Optische Freiraumübertragung	Vorlesung/Übung	WPf	3
1	41512	Parameterschätzung für Kommunikationssysteme	Vorlesung/Übung	WPf	3
1	60501	Signalverarbeitung	Vorlesung/Übung	Pf	5
2	12261	Praktikum Elektrische Antriebe	Praktikum	WPf	5
2	12271	Praktikum Elektrische Maschinen	Praktikum	WPf	5
2	12791	Nichtlineare Regelung	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	13591	Praktikum: Leistungselektronik	Praktikum	WPf	5
2	14931	Praktikum: Numerische Simulation in der Technik	Praktikum	WPf	5
2	18462	Biosignalverarbeitung	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	18463	Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen	Vorlesung	WPf	2
2	19181	Halbleitertechnologie und -zuverlässigkeit	Vorlesung	WPf	4
2	19201	Modern Digital ASIC Design	Vorlesung/Übung	WPf	5
2	28031	Grundlagen der Radartechnik	Vorlesung/Übung	WPf	2,5
2	36841	MATLAB essentials	Vorlesung/Übung	WPf	4

2	36851	Rechnerarchitekturen und ihre Realisierung für die PDV	Vorlesung	WPf	1
2	36852	Studienprojekt Microcontroller	Studienprojekt	WPf	2
2	36853	Studienprojekt Signalprozessor	Studienprojekt	WPf	2
2	41322	Dynamik & Regelung elektrischer Antriebe II	Vorlesung/Übung	Pf	4
2	41472	Funktionale Sicherheit und Security von Digitalschaltungen	Vorlesung/Übung	WPf	2
2	60551	Praktikum Hochspannungstechnik	Praktikum	WPf	5
2	60581	Regelung für energietechnische Systeme	Vorlesung/Übung	WPf	5
2	60601	Digitale Filter	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	60602	Array Processing	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	60641	Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation	Vorlesung/Übung	WPf	2,5
3	12792	Nichtlineare Regelung	Vorlesung/Übung	WPf	2
3	12871	Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme	Praktikum	WPf	5
3	12961	Praktikum: Plasmatechnik	Praktikum	WPf	5
3	13071	Sicherheit in der Energieversorgung	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	13072	Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	Vorlesung/Übung	WPf	2
3	14571	Kryptologie	Vorlesung/Übung	WPf	4
3	15041	Simulink für Hardware in the Loop (HiL) Prüfstände	Praktikum	WPf	5
3	18311	Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden	Vorlesung/ Übung/Praktikum	WPf	4
3	19171	Nanoelectronic devices and sensors	Vorlesung/Übung	WPf	4
3	38251	Grundlagen zu den Prozessrechner-Einheiten „Mikrocontroller“ und „Speicherprogrammierbare Steuerungen“ (SPS)	Vorlesung	WPf	1
3	38252	Studienprojekt Mikrocontroller	Studienprojekt	WPf	2
3	38253	Studienprojekt SPS	Studienprojekt	WPf	2
3	41323	EMV in der Energietechnik	Vorlesung/Übung	Pf	2
3	41341	Sensorik und Elektrische Messtechnik	Vorlesung/Übung	Pf	6
3	41351	Sicherheit in der Energieversorgung	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	4135-V2	Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	Vorlesung/Übung	WPf	2
3	41381	Kommunikationsnetze II	Vorlesung/Übung	Pf	5
3	41391	Digitale Bildverarbeitung und Deep Learning	Vorlesung/Übung	Pf	6
3	42141	Satellitennavigation	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	42142	Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung	Vorlesung/Übung	WPf	2
3	60531	Kanalcodierung	Vorlesung/Übung	WPf	5
4	12241	Projektseminar Elektrische Antriebstechnik/Mechatronik	Seminar	WPf	5
4	14461	Simulation leistungselektronischer Systeme	Seminar	WPf	4
4	14631	Flexible hybride Elektronik und Integration	Vorlesung/Übung	WPf	5
4	14881	Halbleitersensoren und Mikrosysteme	Vorlesung/Übung	WPf	5
4	41401	Photonische Netze	Vorlesung/Übung	WPf	5
4	41431	Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder	Vorlesung/Übung	WPf	3
4	41432	Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	Vorlesung/Übung	WPf	3
5	60661	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik	Vorlesung/ Übung/Praktikum	WPf	5

