

# **Modulhandbuch Master Elektro- und Informationstechnik**

Fakultät Elektrotechnik und Medientechnik

Prüfungsordnung 26.11.2020

Stand: Di. 21.10.2025 13:08

.....	1
.....	1
• <b>MET-01 Fortgeschrittene Programmiertechniken .....</b>	<b>4</b>
• <b>MET-02 Numerische Methoden .....</b>	<b>7</b>
• <b>MET-03 Fremdsprachenkurs Master .....</b>	<b>10</b>
• <b>MET-04 Wahlpflichtmodule.....</b>	<b>12</b>
› ET 26 Regelungstechnik 2 .....	14
› ET 30 Leistungselektronik.....	15
› ET 34 Hochfrequenzelektronik .....	17
› ET 37 Nachrichtenübertragungstechnik 2 .....	19
› MET 1204 Fortgeschrittene Schaltungstechnik.....	22
› MET 1204 Wahlpflichtfächer .....	24
› MET 1204 Regenerative Energien (Erzeugung und Verteilung) .....	24
› MET 1204 Optische Mess- und Sensortechnik .....	27
› MET 1204 Imaging Physics .....	28
› MET 1204 Wasserstofftechnologie .....	29
› MET 1204 Simulation und Modellierung elektrischer Transport- und Verkehrssysteme .....	33
› MET 1204 Grundlagen der Fahrerassistenzsysteme .....	37
• <b>MET-05 Spezielle mathematische Methoden .....</b>	<b>41</b>
• <b>MET-06 Ausgewählte Themen der Betriebs- und Personalführung.....</b>	<b>45</b>
• <b>MET-07 Mastermodul.....</b>	<b>48</b>
› MET 3102 Masterseminar .....	50
› MET 3103 Masterarbeit .....	50
• <b>MET-08 Ausgewählte Themen der Optoelektronik und Lasertechnologie .....</b>	<b>52</b>
• <b>MET-09 Ausgewählte Themen der Mikro- und Nanoelektronik 58</b>	
• <b>MET-10 Systeme der Hochfrequenz- und Funktechnik.....</b>	<b>61</b>
• <b>MET-11 Spezielle Bauelemente und Schaltungen.....</b>	<b>64</b>

- ***MET-12 Signale und Systeme der Nachrichtentechnik .....68***
- ***MET-13 Höhere Modellbildung und Simulation .....73***
- ***MET-14 Ausgewählte Themen der Regelungstechnik.....77***
- ***MET-15 Ausgewählte Themen der berührungslosen Sensorik  
80***
- ***MET-16 Automobile und industrielle elektrische  
Antriebssysteme.....83***
- ***MET-17 Fortgeschrittene Automatisierungstechnik .....87***



## **MET-01 FORTGESCHRITTENE PROGRAMMIERTECHNIKEN**

Modul Nr.	MET-01
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Karsten Becker
Kursnummer und Kursname	MET 1101 Fortgeschrittene Programmiertechniken
Lehrende	Prof. Dr. Karsten Becker
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	Klausur
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Die Studierenden erweitern ihre Fähigkeiten in der Softwareprogrammierung und lernen in Teamarbeit komplexe Programme zu entwerfen und zu warten. Sie lernen anhand eines komplexen Softwareprojekts das Zusammenspiel von Entwurf, Wartung und Weiterentwicklung.

#### **Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:**

##### **Fachkompetenz**

Die Studierenden kennen die grundlegenden Funktionen sowie das Einsatzgebiet einer Versionskontrollsoftware und können die zugehörigen Softwarewerkzeuge im Rahmen eines Entwicklungsprozesses zuverlässig bedienen.

Die Studierenden entwickeln ihre Kenntnisse im Bereich der objektorientierten Programmierung weiter und können dieses Programmierparadigma gezielt einsetzen um komplexe Probleme zu lösen. Sie kennen die grundlegenden UML Werkzeuge und können diese anwenden um für einfache Probleme eine geeignete Softwarearchitektur zu entwerfen.

Die Studierenden kennen gängige Entwurfsmuster und können diese an geeigneter Stelle in ihrem eigenen Code umsetzen. Sie kennen die Entwicklungsmethode der

testgetriebenen Entwicklung und können eigene Softwaretests erstellen, mittels derer sie die Zuverlässigkeit der von ihnen entwickelten Software abschätzen können.

### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage ein Softwareprojekt zu realisieren und weiterzuentwickeln. Sie können sich in eine bereits bestehende Codebasis zielgerichtet einarbeiten und Ansatzpunkte für Erweiterungen identifizieren. Sie können die notwendigen Anforderungen für diese Erweiterungen analysieren und passende Lösungen entwickeln.

### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden setzen in Teamarbeit ein komplexes Softwareprojekt um. Sie können den Entwicklungsprozess angemessen mit Mitgliedern ihres Entwicklungsteams koordinieren. Sie sind in der Lage Feedback zu ihrer Arbeit angemessen umzusetzen.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master); gemeinsames Studium, beide Schwerpunkte

Für andere Studiengänge:

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Inhaltlich: Informatik Grundkenntnisse sowie Beherrschung einer objektorientierten Programmiersprache

## **Inhalt**

Umgang mit Versionskontrollsystemen

Software-Entwicklungsprozesse

Anforderungsanalyse

Softwarearchitektur mit UML

Software Entwurfsmuster

Unit-Tests

Test-driven development

## **Lehr- und Lernmethoden**

Seminaristischer Unterricht mit praktischen Übungen

## **Besonderes**

Mitarbeit in Open-Source Projekten

## **Empfohlene Literaturliste**

R. Martin: Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship, 1. Auflage, Prentice Hall 2008.

M. Fowler: Patterns of Enterprise Application Architecture, 1. Auflage, Addison Wesley 2002.

E. Gamma / R. Helm / R. Johnson / J. Vlissides: Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software, 1. Auflage, Prentice Hall 1994.

A. Hunt / David Thomas / W. Cunningham: The Pragmatic Programmer. From Journeyman to Master, 1. Auflage, Addison Wesley 1999.

## **MET-02 NUMERISCHE METHODEN**

Modul Nr.	MET-02
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Christine Wünsche
Kursnummer und Kursname	MET 1102 Numerische Methoden
Lehrende	Prof. Dr. Christine Wünsche
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Bei der mathematischen Behandlung von technischen Problemstellungen treten häufig die folgenden Teilaufgaben auf: Das Lösen von linearen Gleichungssystemen, Interpolation und Extrapolation, das Lösen von nichtlinearen Gleichungen und nichtlinearen Gleichungssystemen, die Berechnung von bestimmten Integralen, das Lösen von gewöhnlichen Differentialgleichungen und gewöhnlichen Differentialgleichungssystemen. Im Modul lernen die Studierenden diese Teilaufgaben mit Hilfe von numerischen Methoden zu lösen. Nach absolvieren des Moduls haben die Studierenden folgende Ziele erreicht: Sie wissen welche grundlegenden numerischen Methoden es zu obigen Teilaufgaben gibt, sie verstehen wie, warum und wann sie funktionieren, sie können die zu den Methoden gehörenden Algorithmen programmieren und in Beispielen und Aufgaben anwenden. Sie können unterschiedliche Methoden, die aber demselben Zweck dienen, analysieren und hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile (Einfachheit, Genauigkeit, Rechenzeit, Robustheit) bewerten.

### **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master); gemeinsames Studium, beide Schwerpunkte

Für andere Studiengänge:

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Inhaltlich: Zweisemestriger Standardkurs über Differential- und Integralrechnung, Vektor- und Matrizenrechnung

## **Inhalt**

Lineare Gleichungssysteme (direkte Methoden)

Interpolation und Extrapolation

Nichtlineare Gleichungen und nichtlineare Gleichungssysteme

Lineare Gleichungssysteme (iterative Verfahren)

Berechnung von bestimmten Integralen

Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme

## **Lehr- und Lernmethoden**

Im Vortrag werden die numerischen Methoden motiviert, hergeleitet und auf illustrierende, instruktive Beispiele angewendet. Dabei werden analytisch lösbare Beispiele wann immer möglich bevorzugt, um an den numerischen Ergebnissen die Genauigkeit und die Konvergenzgeschwindigkeit der numerischen Methoden anschaulich zu machen. Zu jeder Methode wird ein Pseudoalgorithmus formuliert. Dieser soll den Student motivieren das numerische Verfahren in einer Programmiersprache seiner Wahl zu implementieren und an den präsentierten Beispielen zu testen. In der Regel werden zu einer Problemstellung mehrere alternative numerische Methoden hergeleitet. Ein Leitbeispiel dient dann zum Vergleich.

## **Empfohlene Literaturliste**

H. Schwarz: Numerische Mathematik, 4. Auflage. Teubner, Stuttgart 1997.

H. Schwarz: Numerical Analysis. John Wiley & Sons, New York 1989.

J. Faires / R. Burden: Numerische Methoden. Näherungsverfahren und ihre praktische Anwendung. Spektrum, Heidelberg 1995.



R. Burden / J. Faires / A. Burden: Numerical Analysis, 10th Edition. Cengage Learning, Boston 2015.

E. Cheney / D. Kincaid: Numerical Mathematics and Computing, 7th Edition. Brokes/Cole, Boston 2012.



## **MET-03 FREMDSPRACHENKURS MASTER**

Modul Nr.	MET-03
Modulverantwortliche/r	Tanja Mertadana
Kursnummer und Kursname	MET 1103 Fremdsprachenkurs Master
Lehrende	Dozierende für AWP und Sprachen
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	Siehe Prüfungsplan AWP und Sprachen
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Im Kurs festgelegt

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Das Modul "Fremdsprachenkurs" zielt darauf ab, den Studierenden spezialisierte Sprachkenntnisse zu vermitteln, die für eine selbständige Tätigkeit in einem globalisierten Bereich der Elektro- und Informationstechnik notwendig sind. Das Ziel dabei ist es, dass Studierende sich mit der jeweiligen Sprache auseinandersetzen, damit sie die Sprache effektiv und effizient als praktisches Kommunikationsmittel einsetzen können.

Im Rahmen des Fremdsprachenkurses erhalten internationale Studierende ab der Niveaustufe Deutsch B1/ 1. + 2. Teil ECTS. Deutsch-Muttersprachler oder internationale Studierende mit Deutschkenntnissen der Niveaustufe C1 können zwei beliebige Fremdsprachenkurse aus dem Katalog des AWP- und Sprachenzentrums wählen.

Die Qualifikationsziele können der entsprechenden Kursbeschreibung auf der Homepage des AWP- und Sprachenzentrums entnommen werden:  
<https://th-deg.de/awp-und-sprachenzentrum>

### **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Die Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge ist gewährleistet.

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Das vorhergehende Sprachniveau muss erfolgreich nachgewiesen werden.

## **Inhalt**

Die Inhalte können der entsprechenden Kursbeschreibung auf der Homepage des AWP- und Sprachenzentrums entnommen werden:

<https://th-deg.de/awp-und-sprachenzentrum>

## **Lehr- und Lernmethoden**

Die Lehr- und Lernmethoden können der entsprechenden Kursbeschreibung auf der Homepage des AWP- und Sprachenzentrums entnommen werden:

<https://th-deg.de/awp-und-sprachenzentrum>

## **Besonderes**

In allen Sprachkursen herrscht eine Anwesenheitspflicht von 75% um an der Prüfung teilnehmen zu dürfen.

## **Empfohlene Literaturliste**

Die Literaturempfehlungen können der entsprechenden Kursbeschreibung auf der Homepage des AWP- und Sprachenzentrums entnommen werden:

<https://th-deg.de/awp-und-sprachenzentrum>

## **MET-04 WAHLPFLICHTMODULE**

Modul Nr.	MET-04
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Werner Bogner
Kursnummer und Kursname	ET 26 Regelungstechnik 2 ET 30 Leistungselektronik ET 34 Hochfrequenzelektronik ET 37 Nachrichtenübertragungstechnik 2 MET 1204 Fortgeschrittene Schaltungstechnik MET 1204 Wahlpflichtfächer MET 1204 Regenerative Energien (Erzeugung und Verteilung) MET 1204 Optische Mess- und Sensortechnik MET 1204 Imaging Physics MET 1204 Wasserstofftechnologie MET 1204 Simulation und Modellierung elektrischer Transport- und Verkehrssysteme MET 1204 Grundlagen der Fahrerassistenzsysteme
Lehrende	Prof. Dr. Jens Ebbecke Prof. Dr. Otto Kreutzer Prof. Dr. Bernd Kuhn Prof. Dr. Nikolaus Müller N.N. NN ET Felix Sepaintner Prof. Dr. Markus Straßberger Danny Wauri Prof. Dr. Matthias Wuschek Prof. Dr. Simon Zabler Prof. Jörg von Mankowski
Semester	1, 2
Dauer des Moduls	2 Semester
Häufigkeit des Moduls	jedes Semester
Art der Lehrveranstaltungen	FWP, Kern- / Wahlpflichtfach, Wahlfach
Niveau	Postgraduate
SWS	92
ECTS	15
Workload	Präsenzzeit: 540 Stunden Selbststudium: 810 Stunden Virtueller Anteil: 300 Stunden Gesamt: 1.650 Stunden
Gewichtung der Note	15/90

Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch, Englisch
--------------------------	-------------------

## Qualifikationsziele des Moduls

Diverse, je nach gewählter Lehrveranstaltung

### Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:

Siehe Beschreibungen der wählbaren Lehrveranstaltungen

## Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Für diesen Studiengang:

Wahlfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master); gemeinsames Studium, beide Vertiefungsrichtungen

Für andere Studiengänge:

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Formal: keine

## Inhalt

Diverse, je nach gewählter Lehrveranstaltung

Lehrveranstaltungen können aus dem Wahlpflichtfächerkatalog für das Masterstudium Elektro- und Informationstechnik gewählt werden. Dieser ist unter [https://www.th-deg.de/Fakultäten/emt/ET-master/wahl\\_der\\_wahlpflichtfaecher\\_met.pdf](https://www.th-deg.de/Fakultäten/emt/ET-master/wahl_der_wahlpflichtfaecher_met.pdf) einsehbar. Die Modulbeschreibungen finden sich in den Modulhandbüchern der jeweiligen Studiengänge.

Es müssen insgesamt Lehrveranstaltungen im Umfang von 15 ECTS ausgewählt werden.

## Lehr- und Lernmethoden

Diverse, je nach gewählter Lehrveranstaltung

Siehe Beschreibungen der wählbaren Lehrveranstaltungen

## Besonderes

Studierende, die die Vertiefungsrichtung "ENS" wählen, jedoch im Bachelorstudium nicht die Fächer "Hochfrequenzelektronik" und "Nachrichtentechnik 2" aus der

Vertiefungsrichtung "Nachrichtentechnik" belegt hatten, müssen hier zur Vertiefung des Basiswissens die Fächer "Hochfrequenzelektronik" und "Nachrichtentechnik 2" aus dem Bachelorstudiengang Elektro- und Informationstechnik belegen (Harmonisierungskurse).

Studierende, die die Vertiefungsrichtung "AT" wählen, jedoch im Bachelor-studium nicht die Fächer "Leistungselektronik" und "Regelungstechnik 2" aus der Vertiefungsrichtung "Automatisierungstechnik" belegt hatten, müssen hier zur Vertiefung des Basiswissens die Fächer "Leistungselektronik" und "Regelungstechnik 2" aus dem Bachelorstudiengang Elektro- und Informations-technik belegen (Harmonisierungskurse).

Alle anderen Studierenden und Studierende die den Bachelor nicht im Bachelor studiengang Elektro- und Informationstechnik der THD erworben haben, müssen Wahlpflichtfächer aus dem im Studienplan aufgelisteten Wahlpflichtfächerkatalog wählen.

## **Empfohlene Literaturliste**

Siehe Beschreibungen der wählbaren Lehrveranstaltungen

### **► ET 26 REGELUNGSTECHNIK 2**

#### **Ziele**

Ziel ist es, dass die Studierenden ihr regelungstechnisches Wissen verbreitern und für typische Aufgaben in der Industrie vorbereitet werden.

Nach Absolvieren des Fachs haben die Studierenden folgende Lernziele erreicht:

Sie können Wurzelortskurven konstruieren und damit Regler entwickeln

Sie können die besonderen Effekte eines digitalen Reglers erklären

Sie kennen die Grundzüge der Analyse von Regelkreisen mit Schaltreglern

Sie können Regelstrecken im Zustandsraum darstellen

Sie können dynamische Strecken in Matlab/Simulink modellieren und deren Verhalten damit analysieren

#### **Inhalt**

##### **1. Wurzelortskurven**

1.1. Konstruktionsregeln

1.2. Analyse und Synthese von Regelkreisen

##### **2. Digitale Regelungen**

- 2.1. Beschreibung im z-Bereich
- 2.2. Quasikontinuierlicher Entwurf
- 3. Schaltregler
  - 3.1. Analyse für Strecken erster Ordnung
  - 3.2. Analyse für Strecken zweiter Ordnung
- 4. Regelung im Zustandsraum
  - 4.1. Aufstellen von Zustandsgleichungen
  - 4.2. Entwurf nach dem Polvorgabeverfahren

## **Prüfungsarten**

schr. P. 120 Min.

## **Methoden**

Seminaristischer Unterricht, Übungen

## **Empfohlene Literaturliste**

- J. Lunze: Regelungstechnik 1, 10. Auflage. Springer/Vieweg 2014.
- H. Lutz / W. Wendt: Taschenbuch der Regelungstechnik, 10. Auflage. Verlag Harri Deutsch 2014.
- H. Mann / H. Schiffelgen / R. Froriep / K. Webers: Einführung in die Regelungstechnik, 12. Auflage. Hanser Verlag 2019.
- M. Reuter / S. Zacher: Regelungstechnik für Ingenieure, 15. Auflage. Springer/Vieweg 2017.
- G. Schulz / K. Graf : Regelungstechnik I, 5. Auflage. DeGruyter Studium 2015.
- G. Schulz / K. Graf : Regelungstechnik II, 3. Auflage. DeGruyter Studium 2013.
- R.C. Dorf / R.H. Bishop: Modern Control Systems, 13. Auflage. Pearson 2017.

## **► ET 30 LEISTUNGSELEKTRONIK**

### **Ziele**

Die Veranstaltung befasst sich mit der Leistungselektronik, deren Bauelementen, Schaltungen und Anwendungen.

Im Fach Leistungselektronik lernen die Studierenden die Anwendung der Bauelemente und Schaltung der Leistungselektronik und deren Anwendungsmöglichkeiten.

### **Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:**

#### **Fachkompetenz**

Die Studierenden lernen Aufbau und Wirkungsweise von passiven und aktiven Bauelementen der Leistungselektronik. Hierbei stehen die parasitären Eigenschaften im Vordergrund.

Die Schaltungen sind in netzgeführte und selbstgeführte Schaltungen untergliedert. Hier kennen die Studierenden neben den Schaltungen selbst auch die Wirkungsweise als auch deren Auslegung. Die selbstgeführten Schaltungen bilden den Schwerpunkt.

#### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden erlernen die strukturelle Zusammensetzung von Komponenten in der Schaltungstechnik als auch in der Systemtechnik. Sie können die Methodik der Komponentenauslegung auf eine Vielzahl von Schaltungen anwenden.

#### **Persönliche Kompetenz**

Die persönliche Kompetenz liegt in der detaillierten Anwendung mathematischer und technischer Verfahren.

### **Inhalt**

#### **1. Bauelemente**

- 1.1. Kondensatoren
- 1.2. Drosseln
- 1.3. Transformatoren
- 1.4. Dioden
- 1.5. MOSFET
- 1.6. IGBT
- 1.7. Thyristor

#### **2. Netzgeführte Stromrichter**

- 2.1. Übersicht
- 2.2. Mittelpunktschaltungen
- 2.3. Brückenschaltungen



- 2.4. Direktumrichter
- 3. Selbstgeführte Stromrichter
  - 3.1. Gleichstromstellergrundsaltungen
  - 3.2. Mehrquadrantenumrichter
  - 3.3. Einphasige Pulsumrichter
  - 3.4. Dreiphasige Pulsumrichter
  - 3.5. Anwendungen für Pulsumrichter
  - 3.6. Mehrstufenumrichter
  - 3.7. Matrixconverter

## **Prüfungsarten**

schr. P. 90 Min.

## **Methoden**

Vorlesung als seminaristischer Unterricht, drei Praktikumsversuche

In der Vorlesung wird als Software das Simulationsprogramm LTspice genutzt, die das Selbststudium sehr gut unterstützen können.

## **Empfohlene Literaturliste**

F. Zach: Leistungselektronik, Band I und Band II, 5. Auflage. Springer/Vieweg 2015.

J. Specovius: Grundkurs Leistungselektronik, 9. Auflage. Springer/Vieweg 2018.

D. Schröder / R. Marquardt: Leistungselektronische Schaltungen: Funktion, Auslegung und Anwendung, 4. Auflage. Springer/Vieweg 2019.

## **▶ ET 34 HOCHFREQUENZELEKTRONIK**

### **Ziele**

Das Fach Hochfrequenzelektronik setzen sich die Studierenden grundsätzlich mit den Besonderheiten von Hochfrequenz-Bauelementen und -Schaltungen mit Focus auf Hochfrequenzverstärker auseinander. Sie erlernen die nötigen Schritte, um eigenständig Hochfrequenz-Bauelemente einzusetzen und sind in der Lage damit Schaltungen zu entwerfen, zu analysieren, zu optimieren und zu beurteilen.

Die Studierenden lernen die nötigen Schritte, um eigenständig Hochfrequenz-Bauelemente und Hochfrequenz-Leitungen anzuwenden sowie Hochfrequenz-Verstärker zu entwickeln. Sie sind in der Lage Hochfrequenz-Schaltungen zu

analysieren und zu beurteilen. Die Studierenden erlangen die Fähigkeit, Hochfrequenz-Halbleiterverstärker zu entwerfen, zu simulieren und zu optimieren.

### **Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:**

#### **Fachkompetenz**

Die Studierenden kennen die wichtigsten modernen Bauelemente der Hochfrequenztechnik und verstehen deren Funktionsweise.

Die Studierenden verstehen die Besonderheiten von Hochfrequenz-Schaltungen, können diese beschreiben und sind mit Streuparametern und deren Anwendung vertraut. Sie kennen Programme zur Simulation von Hochfrequenzschaltungen und Hochfrequenz-Strukturen.

Die Studierenden kennen verschiedene Leitungsstrukturen für Hochfrequenzanwendungen und können diese dimensionieren, bewerten und für die Anwendung auswählen.

#### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden können moderne Bauelemente der Hochfrequenztechnik analysieren und anwenden. Sie können die Einsatzmöglichkeiten dieser Bauelemente beurteilen.

Die Studierenden haben die Fähigkeit, Hochfrequenz-Schaltungen zu analysieren und anzuwenden, insbesondere auch Hochfrequenzverstärker anzupassen und zu optimieren. Sie haben die Fähigkeit, einfache Hochfrequenz-Schaltungen zu entwerfen und zu dimensionieren.

#### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage Hochfrequenz-Bauelemente und -Schaltungen kritisch zu bewerten.

### **Inhalt**

1. Aktive Bauelemente der HF-Technik
2. Leitungen (Wellenleiter)
  - 2.1. TEM-Wellenleiter
  - 2.2. Grundlagen der Leitungstheorie
  - 2.3. Hohlleiter
  - 2.4. Planare Mikrowellenleitungen - Streifenleitung
3. Grundlagen der HF-Schaltungsentwicklung
  - 3.1. Leitungstransformation

### 3.2. Darstellung und Dimensionierung linearer Schaltungen

#### **Prüfungsarten**

schr. P. 90 Min.

#### **Methoden**

seminaristischer Unterricht mit Übungen, Rechnersimulationen

#### **Empfohlene Literaturliste**

Tietze / Schenk / Gamm: Halbleiter-Schaltungstechnik, 16. Auflage. Springer Verlag 2019.

H. H. Meinke / F. W. Gundlach: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, 5. Auflage. Springer Verlag, Berlin 1992.

W. Bächtold: Mikrowellenelektronik. Vieweg Verlag, Braunschweig 2002.

W. Bächtold: Mikrowellentechnik. Vieweg Verlag, Braunschweig 1999.

B. Huder: Grundlagen der Hochfrequenz-Schaltungstechnik. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, Berlin 2018.

E. Voges: Hochfrequenztechnik, 2. Auflage, 3. Auflage. Hüthig Verlag, Bonn, 2004

H. Heuermann: Hochfrequenztechnik. 3. Auflage, Springer Verlag, 2018

Vetter: Schaltungstechnische Praxis. Verlag Technik 2001.

Kurz / Mathis: Oszillatoren. Hüthig Verlag 1994.

Maas: The RF and Microwave Circuit Handbook. Artech House 1998.

Cripps: RF Power Amplifiers for Wireless Communications, 2nd edition. Artech House 2006.

Pozar: Microwave and RF Design of Wireless Systems. John Wiley & Sons 2001.

## ▶ **ET 37 NACHRICHTENÜBERTRAGUNGSTECHNIK 2**

#### **Ziele**

Im Fach Nachrichtenübertragungstechnik 2 setzen sich die Studierenden zunächst mit dem gestörten Nachrichtenübertragungskanal auseinander. Sie lernen dabei wichtige Beschreibungsgrößen für Verzerrungen, Nebensprechen und Rauschen kennen. Im nächsten Schritt werden wichtige analoge Modulationsverfahren vorgestellt, wobei sowohl deren Beschreibungsgrößen und Signalform sowie Beispiele für Modulatoren und Demodulatoren vorgestellt und erläutert werden. Danach werden wichtige

Verfahren der digitalen Modulation eines Sinusträgers (ASK, FSK, MSK, M-PSK, M-QAM) vorgestellt und untereinander verglichen. Für alle wichtigen analogen und digitalen Modulationsverfahren lernen die Studierenden wesentliche praktische Anwendungsfelder kennen. Nach einer Vorstellung der Spread Spectrum Übertragung erfolgt eine Einführung in die Sender- und Empfängertechnik.

### **Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:**

#### **Fachkompetenz**

Die Studierenden kennen und verstehen wichtige bei einer Signalübertragung auftretende Störphänomene sowie deren Beschreibungsgrößen.

Die Studierenden kennen und verstehen wichtige Verfahren der analogen bzw. digitalen Modulation eines Sinusträgers und können diese bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit vergleichen.

Die Studierenden kennen und verstehen elementare Verfahren zur Spread Spectrum Signalübertragung

Die Studierenden kennen und verstehen die Funktionsweise der verschiedenen Baugruppen im Sender und Empfänger. Sie kennen die Vor- und Nachteile eines Überlagerungsempfängers im Vergleich zum Geradeausempfänger.

#### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage, einfache analog bzw. modulierte Übertragungsstrecken zu dimensionieren (insbesondere bezüglich Bandbreitenbedarf und Störfestigkeit).

Die Studierenden können die Funktionsweise von elementaren Schaltungen zur Erzeugung modulierter Signale bzw. zur Demodulation erläutern.

Die Studierenden haben die Fähigkeit zur eigenständigen Recherche und Weiterentwicklung von vorhandenem Basiswissen.

#### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage, die grundlegenden Verfahren der analogen und digitalen Modulationsverfahren zu erläutern, argumentativ zu begründen und kritisch zu bewerten.

### **Inhalt**

1. Einführung in die Vorlesung
2. Der gestörte Übertragungskanal
  - 2.1. Einführung

- 2.2. Rechnen mit logarithmischen Größen
- 2.3. Lineare und nichtlineare Verzerrungen
- 2.4. Nebensprechen
- 2.5. Rauschen
- 3. Einführung in die modulierte Signalübertragung
  - 3.1. Vorteile der modulierten Signalübertragung
  - 3.2. Übersicht über gebräuchliche Modulationsverfahren
  - 3.3. Lineare und nichtlineare Modulationsverfahren
  - 3.4. Kurzbezeichnungen
- 4. Analoge Modulationsverfahren
  - 4.1. Der Sinusträger und seine Beschreibung
  - 4.2. Amplitudenmodulation
  - 4.3. Frequenzmodulation
  - 4.4. Quadraturamplitudenmodulation
  - 4.5. Anwendungen
- 5. Digitale Modulationsverfahren
  - 5.1. Grundlegende Verfahren
  - 5.2. Grundlagen
  - 5.3. Amplitudentastung ASK
  - 5.4. Phasenumtastung PSK
  - 5.5. Frequenzumtastung FSK
  - 5.6. Minimum Shift Keying MSK
  - 5.7. Hybride Modulationsverfahren (QAM)
  - 5.8. Synchronisationsverfahren
  - 5.9. Spread Spectrum Verfahren

## **Prüfungsarten**

schr. P. 90 Min.



## **Methoden**

Seminaristischer Unterricht, Übungsaufgaben

## **Besonderes**

Unterstützung durch die E-learning-Plattform

## **Empfohlene Literaturliste**

J. Göbel: Kommunikationstechnik. Hüthig Verlag.

E. Herter / W. Lörche: Nachrichtentechnik. Hanser Verlag.

M. Werner: Nachrichtentechnik. Vieweg Verlag.

E. Pehl: Digitale und analoge Nachrichtenübertragung. Hüthig Verlag.

M. Meyer: Kommunikationstechnik. Vieweg Verlag.

R. Mäusl / J. Göbel: Analoge und digitale Modulationsverfahren. Hüthig Verlag.

H. Weidenfeller / A. Vlcek: Digitale Modulationsverfahren mit Sinusträger. Springer Verlag.

## **► MET 1204 FORTGESCHRITTENE SCHALTUNGSTECHNIK**

### **Ziele**

Im Fach Fortgeschrittene Schaltungstechnik erhalten die Studierenden einen Einblick in analoge elektronische Schaltungen.

Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:

#### **Professionelle Fähigkeiten:**

Die Studierenden kennen und verstehen die Funktionsweise verschiedener typischer analoger Schaltungen. Sie verstehen die Bedeutung des Arbeitspunktes und können den Arbeitspunkt für verschiedene Schaltkreise dimensionieren. Sie können das Kleinsignalverhalten von Halbleiterschaltungen sowie das Großsignalverhalten dimensionieren und analysieren. Sie können analoge Halbleiterschaltungen für NF und HF analysieren und anwenden. Die Studierenden kennen Oszillatorschaltungen und können diese dimensionieren und analysieren. Die Studierenden können analoge Halbleiterschaltungen entwerfen.

#### **Methodenkenntnisse:**

Die Studierenden sind in der Lage elektronische analoge Schaltungen mit Hilfe von theoretischen Überlegungen und Simulation zu dimensionieren und zu optimieren. Die Studierenden sind in der Lage, verschiedene Schaltkreise zu unterscheiden und die

Vor- und Nachteile verschiedener Verstärker und Oszillatoren zu beurteilen. Die Studierenden haben die Fähigkeit, eigenständig vorhandenes Grundwissen zu recherchieren und weiterzuentwickeln. Die Studierenden können die Eigenschaften elektronischer Schaltungen messtechnisch evaluieren.

### **Soft Skills:**

Die Studierenden sind in der Lage, die grundlegenden Eigenschaften analoger elektronischer Schaltungen angemessen zu begründen und kritisch zu bewerten. In Laborteams lernen die Studierenden, ihre Simulations- und Messergebnisse zu belegen. Die Studierenden können ihre Messergebnisse und theoretischen Erkenntnisse aussagekräftig und anschaulich darstellen und erläutern.

## **Inhalt**

### **1. Vorlesungen zur Einführung in die verschiedenen Themen**

- 1.1. Anwendungen von analogen Schaltungen
- 1.2. Dioden und Transistoren
- 1.3. Verstärker
- 1.4. HF-Schaltungen (Oszillatoren, PLL)

### **2. Laborexperimente**

- 2.1. optional: Einführung in die Schaltungssimulation
- 2.2. optional: Einführung in grundlegende elektronische Messgeräte
- 2.3. Diodenschaltungen: Spannungsverdoppler (Villard- und Greinacher-Schaltung), Spannungskaskade, Diode als Schalter
- 2.4. Integrierte Schaltungen: Zeitgeberschaltung NE555
- 2.5. Design eines NF-Verstärkers gemäß Spezifikation
- 2.6. Differenzverstärker: Eigenschaften, Stromquelle, Anwendung
- 2.7. Operationsverstärker
- 2.8. Quasi-linearere NF-Leistungsverstärker: Class A, B, AB-Betrieb, Vorspannung, Ausgangsleistung, Wirkungsgrad
- 2.9. Phasenregelkreis - PLL
- 2.10. HF-Oszillatoren: Phase-Shift-Oszillator, Wien-Brückenoszillator, Colpitts-Oszillator, LC-Oszillator, Franklin-Oszillator
- 2.11. optional: HF-Messungen: Streuparameter und Zeitbereichsreflektometrie

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: Zulassungstest

Laborplätze werden basierend auf dem Test vergeben. Prüfungsinhalt: Allgemeine Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen von Halbleiterbauelementen und Grundlagen elektronischer Netze.

Inhaltlich: Grundlagen der Elektrotechnik, Grundkenntnisse von Festkörpern (Bipolare Transistoren, Dioden), Grundlagen elektronischer Netzwerke

## **Prüfungsarten**

PrA, Portfolio, schr. P. 60 Min.

## **Methoden**

Praktische Arbeit in Laborversuchen und Unterricht zur Einführung in die verschiedenen Themen

## **Empfohlene Literaturliste**

Tietze / Schenk: Electronic Circuits: Handbook for Design and Application, 2nd edition. Springer Verlag, 2008.

Streetman / Banerjee: Solid State Electronic Devices, 6th edition. Prentice Hall, 2006.

Comer / Comer: Fundamentals of electronic circuit design. Wiley, 2002.

Comer / Comer: Advanced electronic circuits design. Wiley, 2003.

Scherz / Monk: Practical electronics for inventors. McGraw Hill, 2016.

Horowitz / Hill: The art of electronics. 3rd edition. Cambridge University Press, 2015.

## **▶ MET 1204 WAHLPFLICHTFÄCHER**

### **Prüfungsarten**

Teil der Modulprüfung

## **▶ MET 1204 REGENERATIVE ENERGIEN (ERZEUGUNG UND VERTEILUNG)**

### **Ziele**

Die Veranstaltung befasst sich mit erneuerbaren Energien, und der Frage, wie eine 100 % erneuerbare und klimaneutrale Versorgung aussehen kann. Zusätzlich wird die Frage erörtert, wie nach einer erfolgreichen Umstellung auf eine rein erneuerbare



Energieversorgung die Klimaerwärmung wieder auf ein präindustrielles Niveau zurückgedreht werden kann.

### **Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:**

#### **Fachkompetenz**

Die Studierenden wissen über die Auswirkungen des Klimawandels Bescheid, wissen, wann im Jahres- und Tagesverlauf wo welche erneuerbare Energieform zur Verfügung steht, und wie diese erneuerbar erzeugte Energie gespeichert und transportiert werden kann. Dabei sind nicht nur technische Fragestellungen entscheidend, sondern auch eine bezahlbare Energieversorgung kann von den Studierenden individuell geplant werden. Neben der Erzeugung wird auch die Nutzung von erneuerbaren Energieformen in allen Lebensbereichen beleuchtet. Eine erneuerbare Mobilität zu Lande, zu Wasser und in der Luft wird neben einer erneuerbaren Beheizung und Kühlung von Gebäuden im Rahmen der Veranstaltung beleuchtet. Mit einer kurzen Projektarbeit wird die eigenständige Recherche trainiert, sowie ein pragmatischer Ansatz zur Problemlösung geübt.

#### **Methodenkompetenz**

Im Rahmen des Faches wird eine Projektarbeit durchgeführt. Dadurch vertiefen die Studierenden ihre Fähigkeiten zur wissenschaftlichen Recherche und zum eigenständigen Lösen technischer und gesellschaftlicher Fragestellungen. Mit der schriftlichen Prüfung wird dann die Anwendung der erlernten Fach- und Methodenkompetenz auf Fragestellungen der erneuerbaren Energieversorgung abgeprüft.

#### **Persönliche Kompetenz**

Die persönliche Kompetenz liegt darin, die globalen Herausforderungen des Klimawandels wahrzunehmen, und als zukünftige Ingenieure die dafür notwendigen Lösungen zu erarbeiten.

### **Inhalt**

1. Overview of the present energy supply and global warming
  - 1.1. Forms and energy usage
  - 1.2. Used Energy Resources (Germany, Europe, worldwide)
  - 1.3. Climate impact of different energy carriers
  - 1.4. Consequences of global warming
  - 1.5. Turning points in the world climate
2. Forms of renewable energies

- 2.1. Solar energy
- 2.2. Wind energy
- 2.3. Geothermal energy
- 2.4. Hydropower
- 2.5. Biomass
- 2.6. Availability comparison per season and location
- 3. Transport and storage of renewable energy
  - 3.1. Chemical storage
  - 3.2. Thermal storage
  - 3.3. Mechanical storage
  - 3.4. Electrochemical storage
  - 3.5. High voltage transmission (HVDC, buried cable, undersea cable, overhead line)
- 4. Capability and limits of a completely renewable energy supply
  - 4.1. Heating and cooling of buildings (fuel cells, heat pumps)
  - 4.2. Passenger transport on land (hydrogen, biofuels, electromobility)
  - 4.3. Freight transport on land (hydrogen, catenary, battery systems)
  - 4.4. Passenger and freight transport by sea
  - 4.5. Passenger and freight transport by air
  - 4.6. Energy requirement for a completely renewable energy supply
- 5. Possibilities to actively stop and reverse the effect of global warming
  - 5.1. CO<sub>2</sub> separation and enrichment
  - 5.2. Geoengineering

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Inhaltlich: Grundkenntnisse der Elektrotechnik, der Physik und des Klimawandels, sowie ein persönliches Interesse gesellschaftliche Problemstellungen anzugehen.

## **Prüfungsarten**



schr. P. 90 Min.

## Methoden

Tafel, PowerPoint Präsentation, sowie eine eigenständige Erarbeitung und Beantwortung von Fragen zu einer erneuerbaren Energieversorgung im Rahmen einer Projektarbeit.

## Empfohlene Literaturliste

Veröffentlichungen des IEEE

R. Wengenmayr, Renewable Energy: Sustainable Energy Concepts for the Future, Wiley VCH 2011. ISBN: 978-3-527-65703-2

S. Ruin, Small-Scale Renewable Energy Systems, CRC Press 2019, ISBN 9780367030971

M. Caponigro, Handbook on renewable energy sources, Ener-supply, [http://ener-supply.eu/downloads/ENER\\_handbook\\_en.pdf](http://ener-supply.eu/downloads/ENER_handbook_en.pdf)

## ► MET 1204 OPTISCHE MESS- UND SENSORTECHNIK

### Ziele

Dieser Kurs gibt den Studierenden einen Überblick über das anwendungsorientierte Feld der optischen Messtechnik mit optischen Sensoren.

Nach Abschluss dieses Kurses haben die Studierenden folgende Punkte gelernt: Sie können die verschiedenen Eigenschaften und Merkmale von optischen Sensoren der optischen Messtechnik erklären.

Die Studierenden können einen geeigneten optischen Sensor für ein gegebenes optisches Problem auswählen.

Sie können zwischen den verschiedenen Anforderungen optischer Messsysteme unterscheiden.

Die Studierenden sind fähig, komplexe Probleme aus dem Gebiet der optischen Messtechnik zu lösen.

### Inhalt

1. Basiswissen Optik und optische Komponenten
2. 3D Form-Detektion
3. Temperatur-Messverfahren
4. Optische Messverfahren für Strömungen
5. Mechanische Schwingungen und Bewegungen
6. Oberflächenanalyse

7. Optische Messungen von mechanischer Verspannung
8. Abstands- und Geschwindigkeitsmessung
9. Deformationsanalyse
10. Spezielle Themen der optischen Messtechnik

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

fomal keine Zulassungsbeschränkungen

## **Prüfungsarten**

schr. P. 90 Min.

## **Methoden**

Vorlesung, Seminarähnliche Übungen

## **Besonderes**

Die Vorlesungen werden durch das online-System ILearn unterstützt

## **Empfohlene Literaturliste**

S. Donati: Electro-Optical Instrumentation: Sensing and Measuring with Lasers; Prentice Hall

K. J. Gåsvik: Optical Metrology; Wiley

M. Schuth + W. Buerakov: Handbuch Optische Messtechnik; Hanser Verlag

G. Booker: Sensors for Ranging and Imaging; Scitech Publishing

## **► MET 1204 IMAGING PHYSICS**

### **Ziele**

"Scientific Discoveries expressed as Images" is not just a feature of Astronomy or Biology. Physicists and Physics Engineers have a large range of methods at hand for capturing physical phenomena and the structure of condensed matter in digital images. This lecture gives an overview with a lot of hands on examples on imaging methods such as thermal, laser, X-ray, neutron, electron, nuclear resonance and ultrasonic imaging. Seminar presentations by students on select topics shall round up the course which addresses Master students in electrical engineering, Media Science and Applied Computer Science.

### **Inhalt**

1. Digital pixel arrays /cameras /sensors
2. Physical probes for imaging and their interaction with matter
3. Scanning versus Full-field imaging techniques
4. Basics of Digital image processing
5. Resolving power of different imaging systems
6. Signal versus Noise
7. Retrieving and imaging "the phase"
8. Applications of Machine Learning in Scientific Imaging
9. Volume Image reconstruction in CT and MRI
10. Motion pictures - examples of time-resolved imaging

### **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Differential Analysis /Mathematics

Basics Computer Science and C. Vision

Basics Solid State Physics

### **Prüfungsarten**

schr. P. 90 Min.

### **Methoden**

Short student seminar presentations on select topics, Hands-on examples and practical exercises.

## **► MET 1204 WASSERSTOFFTECHNOLOGIE**

### **Ziele**

#### **Ziel**

Die Vorlesungsreihe befasst sich mit Technologien zur Herstellung, Speicherung, Transport und Nutzung von Wasserstoff wie Elektrolyse und Brennstoffzellen, Verdichtung und Verflüssigung sowie Tank- und Pipelinteknik. Darüber hinaus werden elektrochemische, thermodynamische Grundlagen sowie Grundlagen der Werkstoffkunde behandelt, die zur Einordnung der technologischen Fragen einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft erforderlich sind.

Ziele

## **Fachwissen**

Die Studierenden lernen die Wasserstofftechnologien kennen und werden in die Lage versetzt, Entwicklungsstand und Forschungsbedarf in den einzelnen Technologiefeldern einzuordnen. Nicht nur rein technische Fragestellungen werden behandelt, sondern auch wirtschaftliche Aspekte können individuell bewertet und geplant werden. Neben der Produktion werden auch die Lagerung, Verteilung und die Nutzung von (primär, aber nicht ausschließlich) erneuerbarem Wasserstoff in allen Lebensbereichen behandelt: von der erneuerbaren Mobilität über die Anwendung in der chemischen Industrie und Lebensmitteltechnologie bis hin zur Metallurgie und der regenerativen Beheizung und Kühlung von Gebäuden. Durch Vorbereitung und Präsentation eines Posters zu einem ausgewählten Thema der Vorlesung wird die eigenständige Recherche, Ausarbeitungs- und Präsentationsfähigkeiten trainiert.

## **Methodische Kompetenz**

Poster werden im Rahmen der Vorlesungsreihe in Gruppen von Studierenden erarbeitet. Dabei vertiefen die Studierenden ihre Fähigkeiten zur eigenständigen wissenschaftlichen Recherche, zur nachvollziehbaren Aufbereitung fachlicher Sachverhalte und die Fähigkeit zur Teamarbeit. Die schriftliche Prüfung schließlich überprüft die Fähigkeit der Studierenden, das Gelernte technisch und methodisch auf Fragen der Fragen der Wasserstofftechnologie anzuwenden.

## **Persönliche Kompetenzen**

Der Erwerb der persönlichen Kompetenz konzentriert sich auf die Fähigkeit der Studierenden, als zukünftige Ingenieurinnen und Ingenieure tragfähige technisch-ökonomische Lösungen für Probleme der zukünftigen regenerativen Wasserstoffwirtschaft zu entwickeln.

## **Inhalt**

Vorwort: Wasserstoff

- o H<sub>2</sub>-Fakten: Chemische und physikalische Eigenschaften, natürliches Vorkommen
- o Geschichtliches: Entdeckung und Herstellung
- o Heute: Bedeutung für die heutige Technik und Wirtschaft, Farbtheorie von Wasserstoff

## **Herstellung von Wasserstoff**

Konventionelle (graue) Technologien (Stand der Technik)

- o Dampf-Methan-Reformierung (SMR)
- o Partielle Oxidation (POX) von Kohle, Öl, Erdgas
- o CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS)

- o Wie lassen sich diese Technologien zur Erzeugung von grünem Wasserstoff umsetzen?

Alternative Technologien (Forschung und Entwicklung, erste kommerzielle Systeme)

- o Pyrolyse von Erdgas (Kvaerner-Verfahren, Flüssigmetallblasensäulen-Reaktoren)
- o Plasmalyse von Abwässern und Gülle
- o Thermochemische Zyklen

Elektrolyse

- o Alkalische Elektrolyse (AEL)
- o Alkalische Druckelektrolyse (APEL)
- o Alkalische Anionenaustauschmembran-Elektrolyse (AEM)
- o Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse (PEM)
- o Hochtemperatur-Elektrolyse (Solid Oxide Electrolysis, SOE), einschließlich CO<sub>2</sub>-Elektrolyse

## **Speicherung und Transport**

Thermodynamische und chemische Grundlagen

- o für die physikalische Speicherung: Gasgesetze, kritischer Punkt, Joule-Thomson-Effekt
- o für die chemische Speicherung: Arten von chemischen Bindungen, Kristallstrukturen, Enthalpie von Bindungen und Reaktionen

Physikalische Speicher- und Transportlösungen

- o H<sub>2</sub>-Pipelines
- o Bedeutung des bestehenden Erdgasnetzes
- o Kavernenspeicherung
- o Speicherung unter Druck
- o Flüssigspeicher
- o Zeolithe

Chemische Speicher- und Transportlösungen

- o Ammoniak

- o Methanisierung
- o Flüssige organische Wasserstoffträger (LOHC)
- o Metallhydride

### **Verwendung**

Energetische Nutzung mit Hilfe von Brennstoffzellen (FC)

- o Alkalische Brennstoffzelle (AFC)
- o Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle (PEMFC)
- o Hochtemperatur-Brennstoffzelle (z.B. Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)

Energetische Nutzung mittels konventioneller Technologien

- o Gasturbinen
- o Gas- und Dampf-Kombikraftwerke
- o konventionelle Gasheizungen
- o Verbrennungsmotoren für Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und schwere Nutzfahrzeuge
- o Erzeugung von (Prozess-)Dampf

Industrielle Anwendung

- o Bedeutung der industriellen Anwendung für den Gesamtwasserstoffverbrauch (heute vs. zukünftig)
- o Reduktionsmittel in der Stahlproduktion
- o Grundstoff für die chemische Industrie (Herstellung von Düngemitteln, Kraftstoff-Entschwefelung, Lebensmittelproduktion)
- o Hilfsstoff in der Elektroindustrie (Reduktions- und Reinigungsmittel in der Halbleiterherstellung und Metallurgie, Antioxidationsmittel)

### **Ausblick**

Szenarien der zukünftigen Produktion, Speicherung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff

- o Regenerative Erzeugung
- o Energiewende = Elektrizitätswende UND Wärmewende
- o Sektorkopplung und Speicherlösungen



- o Individuelle und industrielle Nutzung

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

### **Empfohlene Zulassungsvoraussetzungen**

**Formal:** keine

**Thematisch:** Grundkenntnisse in Thermodynamik und chemischer Reaktionstechnik und idealerweise persönliches Interesse an der Auseinandersetzung mit den großen technologischen Fragen der Energiewende.

### **Prüfungsarten**

schr. P. 90 Min.

### **Methoden**

- o Power-Point-Präsentationen des Dozenten
- o Diskussion der Themen unter aktiver Beteiligung der Studierenden
- o Vorbereitung und Präsentation von Postern zu ausgewählten Themen der Vorlesung durch Gruppen von Studierenden

### **Empfohlene Literaturliste**

Ball, Michael; Wietschel, Martin; The Hydrogen Economy - Opportunities and Challenges; Cambridge University Press, January 2010; online ISBN: 9780511635359, DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511635359>

The Future of Hydrogen - Seizing today's opportunities; IEA (2019), Paris; <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>; Licence: CC BY 4.0

The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers and R&D Needs; National Academies Press (2004), ISBN 978-0-309-38810-8 | DOI 10.17226/10922

IRENA (2019), Hydrogen: A renewable energy perspective, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi; [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA\\_Hydrogen\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Hydrogen_2019.pdf)

Fuel Cell Handbook (7th Edition), EG&G Technical Services; Inc., 2004, <https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/netl-file/FCHandbook7.pdf>

Minh, N., Q.; Science and Technology of Ceramic Fuel Cells; Elsevier Ltd. 1995; ISBN 978-0-444-89568-4; DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-89568-4.X5001-4>

## **► MET 1204 SIMULATION UND MODELLIERUNG ELEKTRISCHER TRANSPORT- UND VERKEHRSSYSTEME**

## **Ziele**

Angesichts der globalen Herausforderungen wie Klimawandel, Urbanisierung und Ressourcenknappheit sind nachhaltige und effiziente Verkehrslösungen unerlässlich, doch ihre Integration in bestehende Infrastrukturen ist komplex und erfordert präzise Planung. Simulation und Modellierung elektrischer Transport- und Verkehrssysteme sind essenziell für die Gestaltung nachhaltiger Mobilität der Zukunft. Sie ermöglichen es, komplexe Zusammenhänge wie Energieverbrauch, Ladeinfrastruktur und Verkehrsflüsse realistisch abzubilden und zu optimieren. So können Städte und Gemeinden fundierte Entscheidungen treffen, etwa zur optimalen Platzierung von Ladestationen oder zur Umstellung von Busflotten auf Elektroantrieb. Auch die Netzbelastung durch das gleichzeitige Laden vieler Fahrzeuge kann simuliert und durch intelligente Steuerungssysteme optimiert werden. Insgesamt sind Simulation und Modellierung also unverzichtbare Werkzeuge, um die Transformation zu einem nachhaltigen, elektrischen Verkehrssystem erfolgreich zu gestalten. Sie ermöglichen eine datenbasierte, transparente und resiliente Planung, die den Anforderungen der Zukunft gerecht wird ökologisch, ökonomisch und sozial.

## **Fachkompetenz**

- o Erstellung mathematischer Modelle für elektrische Fahrzeuge, Ladeinfrastruktur und Verkehrsflüsse
- o Modellierung von Verkehrsverhalten und Mobilitätsmustern
- o Integration elektrischer Fahrzeuge in bestehende Verkehrsnetze
- o Durchführung von Simulationen zur Analyse von Energieverbrauch, Ladeverhalten und Netzbelastung
- o Zusammenspiel von Fahrzeugtechnik, Energietechnik und Verkehrsinfrastruktur

## **Methodenkompetenz**

- o Verständnis für die Funktionsweise elektrischer Verkehrssysteme, elektrischer Antriebe, Batteriemodelle, Ladeinfrastruktur
- o Fähigkeit zur Modellierung und Simulation komplexer Systeme
- o Bewusstsein Anwendung von Simulationssoftware zur Analyse und Optimierung
- o Kenntnisse zur Bewertung von Energieeffizienz, Netzbelastung, Ladeverhalten
- o Erwerb von Fähigkeiten zu Szenarienanalyse für Verkehrsflüsse und Infrastrukturbedarf
- o Fähigkeit zur modellhaften Integration elektrischer Fahrzeuge in bestehende Verkehrsnetze

## **Personale Kompetenzen**



- o Analytisches Denken: komplexe Systeme verstehen, analysieren und bewerten.
- o Problemlösekompetenz: Entwicklung von Fähigkeiten, technische Herausforderungen zu erkennen und systematisch zu lösen.
- o Selbstständigkeit und Eigenverantwortung: Schulung, wie durch eigenständige Recherche Aufgaben selbstständig bearbeitet werden.
- o Fähigkeit zur praktischen Anwendung: Umgang mit Tools, Methoden und Technologien

### **Soziale Kompetenzen**

- o Teamarbeit: Erlernen effektiver Zusammenarbeit in Gruppenprojekten
- o Kommunikationsfähigkeit: Erwerb von Fähigkeiten komplexe technische Inhalte verständlich zu verargumentieren, z.B. bei Diskussionen.
- o Kritikfähigkeit und Feedbackkultur: Konstruktives Feedback geben und annehmen, bspw. durch Diskussionen über Lösungsansätze.
- o Verantwortungsbewusstsein: Berücksichtigung von Nachhaltigkeit und gesellschaftlicher Relevanz bei technischen Entscheidungen

### **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche ist nicht gegeben. Das Modul bietet einen vertieften Einblick in die Simulation und Modellierung elektrischer Transport- und Verkehrssysteme und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die die Bereiche Fahrzeugtechnik, E-Mobilität oder Ladeinfrastrukturen aufweisen

### **Inhalt**

- o Grundlagen der Modellierung und Simulation
- o Einführung in die Begriffe Modell, Simulation, Systemgrenzen, Parameter
- o Ablauf einer Simulationsstudie: Problemdefinition, Modellbildung, Validierung, Simulation, Auswertung
- o Unterschied zwischen diskreten und kontinuierlichen Modellen
- o Grundlagen der Szenarientechnik
  - o Unterschied Prognose (quantitativ, punktuell) und Szenario (qualitativ, konsistent).
  - o Darstellung möglicher zukünftiger Entwicklungen im Transport- und Verkehrswesen

- o Methodische Schritte der Szenarienentwicklung
- o Modellierung und Simulation elektrischer Fahrzeuge
  - o Modellierung des Energieverbrauchs und der Reichweite
  - o Berücksichtigung von Fahrwiderständen: Roll-, Luft-, Steigungs- und Beschleunigungswiderstand
  - o Simulation von Fahrzyklen (NEFZ, WLTC, konstante Geschwindigkeit)
  - o Einfluss von Parametern wie Fahrzeuggewicht, Streckenprofil, Nebenverbraucher
- o Typen von Verkehrsmodellen
  - o Makroskopische Modelle: Betrachtung des Verkehrs als kontinuierlichen Fluss
  - o Mikroskopische Modelle: Simulation einzelner Fahrzeuge und deren Interaktionen
  - o Stochastische Modelle: Einbeziehung von Zufallsprozessen zur Modellierung von Unsicherheiten
  - o Disaggregierte Modelle: Detaillierte Nachfrageermittlung auf Basis individueller Entscheidungen
- o Modellierung der Transport- und Verkehrsnachfrage
  - o Bedeutung und Ziele der Verkehrsplanung und Verkehrsmodelle
  - o Zusammenhang zwischen Raumstruktur, Mobilitätsverhalten und Verkehr
  - o 4-Stufen Modell
- o Anwendung auf elektrische Verkehrs- und Transportsysteme
  - o Simulation Energieverbrauch, Rekuperation, Batteriemanagement in elektrischen Fahrzeugen
  - o Modellierung von Ladeinfrastruktur und Netzinteraktion
  - o Verkehrsflusssimulation und Verkehrsnachfragemodellierung

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

## **Prüfungsarten**

mündl. Prüf., Teil der Modulprüfung



## Methoden

Seminaristischer Unterricht. Im Unterricht werden die Inhalte unter Einbeziehung der Studierenden erarbeitet und durch Beispiele illustriert. Durch Ausarbeiten von inhaltlich passenden Übungsaufgaben eignen sich die Studierenden die Inhalte und Methoden an.

## Empfohlene Literaturliste

Elektromobilität im städtischen Verteilnetz Modellierung und Auswirkungen, Autor: Simon Kreutmayr (TUM, Dissertation 2023)

Modellierung und Simulation der Reichweite eines Elektrofahrzeugs, Autoren: Wolfgang Strasser & Harald Neudorfer

Energetische Simulation und Echtzeitsimulation von elektrischen Fahrzeugantrieben, Autor: Andreas Bernd Thanheiser (TU München)

Modellierung und Simulation von Lastprofilen batterieelektrischer Fahrzeuge, Autor: Guntram Preßmair (BOKU Wien)

Verkehrsdynamik und -simulation, Autoren: Martin Treiber & Arne Kesting

Einführung in die Verkehrssimulation Mikroskopische Modelle mit zellulären Automaten, Autor: Michael Moltenbrey

Modellierung und Simulation von Mobilität und Verkehr, Autor: Johannes Weyer (SpringerLink, 2025)

Agentenbasiertes Simulationsmodell zur Diffusion von E-Mobilität, Institut Futur, FU Berlin

## ► MET 1204 GRUNDLAGEN DER FAHRERASSISTENZSYSTEME

### Ziele

Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) sind ein zentraler Bestandteil der Mobilität der Zukunft. Sie tragen maßgeblich dazu bei, die Verkehrssicherheit zu erhöhen, indem sie Unfälle durch automatisierte Warnungen und Eingriffe verhindern. Gleichzeitig entlasten sie Fahrerinnen und Fahrer im Alltag, etwa durch Spurhalteassistenten oder automatische Notbremsfunktionen. Mit dem Übergang zum autonomen Fahren werden ADAS immer komplexer und bedeutender. Die Automobilbranche, aber auch Tech-Unternehmen suchen verstärkt nach Fachkräften mit Know-how in Sensorik, Softwareentwicklung und Systemintegration. ADAS verbindet klassische Ingenieurskunst mit moderner IT. Das Modul Fundamentals of Advanced Driver Assistance Systems soll den Studierenden relevante Grundlagen

vermitteln, die einen weiteren vertiefenden Wissensaufbau in den Kompetenzfeldern der ADAS ermöglichen.

### **Fachkompetenz**

- o Erhalt eines Überblicks über Fahrerassistenzsysteme und deren Funktionsweise.
- o Einstufung der ADAS-Funktionen in die fünf Level des autonomen Fahrens, basierend auf der Klassifikation der SAE International (Society of Automotive Engineers).
- o Verständnis zu technologischen Trends digitalisierter Fahrzeuge
- o Erwerb von Hintergrundwissen zu den häufigsten Funktionen und deren Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit.
- o Vertiefende Einblicke in Programmierungscodes am Beispiel der Müdigkeitserkennung.

### **Methodenkompetenz**

- o Verständnis der Zusammenhänge technologischer Grundlagen digitalisierter Fahrzeuge
- o Verständnis für verschiedene Sensoren (Radar, Lidar, Kamera, Ultraschall)
- o Verständnis über Systemanalyse und -design
- o Kenntnis über Normen und Standards
- o Einordnung von Wirkungen und Auswirkungen Advanced Driver Assistance Systems

### **Personale Kompetenzen**

- o Analytisches Denken: komplexe Systeme verstehen, analysieren und bewerten.
- o Problemlösekompetenz: Entwicklung von Fähigkeiten, technische Herausforderungen zu erkennen und systematisch zu lösen.
- o Selbstständigkeit und Eigenverantwortung: Schulung, wie durch eigenständige Recherche Aufgaben selbstständig bearbeitet werden.

### **Soziale Kompetenzen**

- o Teamarbeit: Erlernen effektiver Zusammenarbeit in Gruppenprojekten
- o Kommunikationsfähigkeit: Erwerb von Fähigkeiten komplexe technische Inhalte verständlich zu präsentieren, z.B. bei Projektvorstellungen oder Diskussionen.
- o Kritikfähigkeit und Feedbackkultur: Konstruktives Feedback geben und annehmen, bspw. durch Diskussionen über Lösungsansätze.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche ist nicht gegeben. Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der Fahrerassistenzsysteme und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die die Bereiche autonome Fahrzeuge oder Fahrzeugkommunikation aufweisen

## **Inhalt**

- o Grundlagen und Motivation
  - o Einführung in ADAS: Definition, Ziele und Nutzen
  - o Historische Entwicklung und zukünftige Trends
  - o Motivation durch Sicherheit, Komfort und Effizienz
- o Systemarchitektur und Sensorik
  - o Sensoren: Kamera, Radar, Lidar, Ultraschall
  - o Sensorfusion und Umfelderkennung
  - o Echtzeitsysteme und BUS-Systeme im Fahrzeug
- o Kommunikation und Vernetzung
  - o Car2X-Kommunikation und Satellitenpositionierung
  - o Netzwerkarchitekturen im Fahrzeug
  - o Datenmanagement und Tracking
- o Automatisierung und KI
  - o Stufen des automatisierten Fahrens (SAE-Level)
  - o Einsatz von Künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen
  - o Fahrdynamikregelung und Mensch-Maschine-Interaktion (HMI)
- o Rechtliche und ethische Aspekte
  - o Gesetzliche Rahmenbedingungen und Zulassung
  - o Haftungsfragen und ethische Überlegungen
  - o Abgrenzung zu vollautomatisierten Fahrfunktionen
- o Praktische Anwendungen und Projekte
  - o Analyse bestehender ADAS-Systeme (z.B. Notbremsassistent, Spurhalteassistent)

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

## **Prüfungsarten**

schr. P. 90 Min.

## **Methoden**

Seminaristischer Unterricht. Im Unterricht werden die Inhalte unter Einbeziehung der Studierenden erarbeitet und durch Beispiele illustriert. Durch Ausarbeiten von inhaltlich passenden Übungsaufgaben eignen sich die Studierenden die Inhalte und Methoden an.

## **Empfohlene Literaturliste**

Advanced Driver Assistance Systems and Autonomous Vehicles: From Fundamentals to Applications, Herausgeber: Yan Li, Hualiang Shi Verlag: Springer (2022)

Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort, Herausgeber: Hermann Winner, Stephan Hakuli, Felix Lotz, Christina Singer, Verlag: Springer Vieweg

ADAS and Automated Driving Systems Engineering, Autor: Plato Pathrose

Advanced Driving Assistance Systems IJETA Journal (2024),  
<https://www.ijetajournal.org/volume-11/issue-3/IJETA-V11I3P45.pdf>

Impact Analysis of ADAS Regarding Road Safety European Transport Research Review (2024), <https://etr.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s12544-024-00654-0.pdf>



## **MET-05 SPEZIELLE MATHEMATISCHE METHODEN**

Modul Nr.	MET-05
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Johann Plankl
Kursnummer und Kursname	MET 2101 Spezielle mathematische Methoden
Lehrende	Prof. Dr. Johann Plankl
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Die Studierenden setzen sich grundsätzlich mit Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung auseinander. Sie erlernen die nötigen Schritte, um eigenständige Lösungen für entsprechende Probleme aus dem Ingenieurbereich zu erarbeiten, wobei sie insbesondere auch in die Lage versetzt werden, die Auswahl der entsprechenden Methoden und Rechenverfahren kritisch zu hinterfragen.

#### **Die Studierenden erreichen im folgende Lernziele:**

Die Studierenden lernen typische Modelle, Methoden und Aufgaben aus der Ingenieurpraxis kennen, die mit Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik bearbeitet werden können, zusammen mit entsprechenden Lösungsverfahren und -strategien. Eine stochastische Denkweise wird verankert.

#### **Fachkompetenz**

Die Studierenden verfügen über Kenntnisse der Algebra, Analysis und Wahrscheinlichkeitstheorie. Darüber hinaus kennen sie die Konzepte der diskreten und kontinuierlichen Zufallsvariablen. Die Studierenden sind in der Lage konzeptionell und methodisch zu arbeiten. Sie kennen die wichtigsten diskreten und kontinuierlichen Wahrscheinlichkeitsverteilungen und haben diese in praktischen Übungen angewendet. Insbesondere wissen sie, welche Grundannahmen und Modelle hinter den einzelnen Verteilungen stehen. Sie sind daher befähigt, aufgrund einer

Problembeschreibung eine geeignete Wahrscheinlichkeitsverteilung auszuwählen und an Hand dessen systematisch die Lösung zu erarbeiten. Sie verfügen über das Wissen, Daten statistisch zu interpretieren. Summa summarum können die Studierenden praxisnah ihr erworbenes Wissen auf Aufgabenstellungen aus dem Ingenieurwesen anwenden.

### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage je nach Aufgabenstellung aus einer Reihe von Berechnungsmethoden entsprechende Rechenverfahren zu identifizieren und erfolgreich anzuwenden. Sie können mit wissenschaftlichem Taschenrechner und Wahrscheinlichkeitstabellen umgehen und ggf. auch Computeralgebrasoftware einsetzen. Die Studierenden haben die Fähigkeit anhand umfangreicherer Übungsaufgaben eigenständige Recherchen durchzuführen und ihr vorhandenes Wissen selbstständig weiterzuentwickeln.

### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden sind sich ihrer Verantwortung als werdender Ingenieur bewußt. Sie sind in der Lage, Problemstellungen untereinander diskursiv zu hinterfragen, die Lösungswege argumentativ zu begründen und die Ergebnisse ihrer Rechnungen kritisch zu bewerten.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master); gemeinsames Studium, beide Schwerpunkte

Für andere Studiengänge:

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

## **Inhalt**

### **1. Set Theory and Probability**

- 1.1. Set Operations and Venn Diagrams
- 1.2. Applying Set Theory to Probability
- 1.3. Relative Frequency, 4-Field-Tableau

- 1.4. Probability Axioms
- 1.5. Conditional Probability, Law of Total Probability, Bayes Theorem
- 1.6. Independent Events
- 1.7. Sequential Experiments and Tree Diagrams
- 1.8. Counting Methods (Combinatorics)
- 1.9. Reliability Problems
- 2. Discrete Random Variables
  - 2.1. Discrete Random Variable
  - 2.2. Probability Mass Funktion (PMF)
  - 2.3. Cumulative Distribution Function (CDF)
  - 2.4. Averages
  - 2.5. Functions of a Discrete Random Variable
  - 2.6. Derived Random Variables
  - 2.7. Variance and Standard Deviation
  - 2.8. Important Discrete Probability Mass Functions
- 3. Continuous Random Variables
  - 3.1. Motivation and Overview
  - 3.2. Probability Density Function (PDF)
  - 3.3. Expected Value and Variance in the Continuous Case
  - 3.4. Functions of a Continuous Random Variable
  - 3.5. Special Continuous Probability Distributions

## Lehr- und Lernmethoden

Vorlesung und seminaristischer Unterricht im Wechsel, Lösen von Aufgaben während der Vorlesung und eigenständiges erweitertes Training der Rechenkompetenz anhand von wöchentlichen Übungsblättern, ausführliche Lösungen zu den Übungsblättern werden jeweils mit einer Woche zeitversetzt ausgegeben und sind mit den eigenen Lösungen zu vergleichen, bei auftretenden Fragen werden diese in der Vorlesung geklärt.

## Besonderes



Auf aktive Beteiligung der Studierenden während der Vorlesung und in der Bearbeitung der Übungsblätter wird insbesondere durch einen diskursiven Stil großer Wert gelegt. Fordern und fördern lautet die Devise, damit sie aus einer anfänglichen passiven Haltung in einen Aktivitätsmodus katapultiert werden.

## **Empfohlene Literaturliste**

H. Schwarzlander: Probability – Concepts and Theory for Engineers. Wiley 2011.

J. A. Gubner: Probability and Random Processes for Electrical and Computer Engineers. Cambridge University Press 2006.

W. W. Hines / D. C. Montgomery / D. M. Goldsman, C. M. Borror: Probability and Statistics in Engineering, 4th ed. Wiley 2003.

A. Papoulis / S. U. Pillai: Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 4th ed. McGraw-Hill 2002.

R. D. Yates / D. J. Goodman: Probability and Stochastic Processes: A Friendly Introduction for Electrical and Computer Engineers. Wiley 1998.

## **MET-06 AUSGEWÄHLTE THEMEN DER BETRIEBS- UND PERSONALFÜHRUNG**

Modul Nr.	MET-06
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Werner Bogner
Kursnummer und Kursname	MET 3101 Ausgewählte Kapitel der Betriebs- und Personalführung
Lehrende	Jürgen Hoffmann NN ET
Semester	3
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch
Lecturer	Hoffmann, Jürgen

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Die Studenten sollen ein realistisches Verständnis davon entwickeln, wie Unternehmen funktionieren und welche Erwartungen an sie als Arbeitnehmer seitens eines Arbeitgebers gestellt werden.

**Die Studierenden erreichen im Modul Ausgewählte Kapitel der Betriebs- und Personalführung folgende Lernziele:**

#### **Fachkompetenz**

Die Studierenden haben einen Einblick in das unternehmerische Umfeld, in dem sie sich als künftige Ingenieur/innen wiederfinden werden. Sie verstehen die betrieblichen Sachzwänge, unter denen sie als Ingenieur/innen künftig arbeiten werden.

### **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master); gemeinsames Studium, beide Schwerpunkte

Für andere Studiengänge:

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

## **Inhalt**

Was ist ein Unternehmen und welche Ziele verfolgt es?

Die verschiedenen Funktionen eines Unternehmens:

1. Betriebliches Personalwesen
  - 1.1. Personalbeschaffung
  - 1.2. Personalauswahl
  - 1.3. Mitarbeitervergütung
  - 1.4. Arbeitsverträge - gegenseitige Rechte und Pflichten
  - 1.5. Führen von Mitarbeitern und Teams
2. Betriebliches Marketing
  - 2.1. Positionierung und Geschäftsmodelle
  - 2.2. Planung und Finanzierung
3. Aufbau- und Ablauforganisation
  - 3.1. Geschäftsprozesse
  - 3.2. Datenschutz (DSGVO)
4. Produktentwicklung
  - 4.1. Herausforderungen im Zuge der Digitalisierung
5. Betriebliches Rechnungswesen
  - 5.1. Grundsätze der Finanzbuchhaltung
  - 5.2. Grundsätze der Kostenrechnung

## **Lehr- und Lernmethoden**

Vorlesungen mit Skript, Handreichungen, Übungen, Fallstudien

## **Empfohlene Literaturliste**

W. Benzel / E. Wolz: Businessplan für Existenzgründer. Walhalla Fachverlag, Regensburg 2000.

R. Bleiber: Existenzgründung, 6. Auflage. Haufe-Lexware GmbH & Co. KG., Freiburg 2010.

M. Dowling / H. Drumm: Gründungsmanagement ? vom erfolgreichen Unternehmensstart zu dauerhaftem Wachstum, 2. Auflage. Springer Verlag, Berlin 2003.

R. Gill: Theory and practice of leadership, 2. Auflage. SAGE Publications Ltd., London 2010.

H. Hungenberg / T. Wulf: Grundlagen der Unternehmensführung, 4. Auflage. Springer Verlag, Berlin 2011.

A. Kieser / P. Walgenbach: Organisation, 6. Auflage. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 2010.

R. Lussier: Management Fundamentals ? Concepts, Applications, Skill Development, 5. Auflage. Cengage Learning, Springfield, Massachusetts, USA 2008.

Thuis, P: Business Administration, 1. Edition, Wolters-Noordhoff B.V., Amsterdam 2014

Derek Torrington et.al. Human Resources Management, 11th Edition, Pearson Education Limited, London 2020

Andrew Thomas, Anne Amrie Ward, Introduction to Financial Accounting, 9th Edition, McGraw-Hill Education (UK) London 2019

## **MET-07 MASTERMODUL**

Modul Nr.	MET-07
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Werner Bogner
Kursnummer und Kursname	MET 3102 Masterseminar MET 3103 Masterarbeit
Lehrende	Prof. Dr. Jens Ebbecke
Semester	3
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jedes Semester
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Master
SWS	2
ECTS	25
Workload	Präsenzzeit: 30 Stunden Selbststudium: 720 Stunden Gesamt: 750 Stunden
Gewichtung der Note	25/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch, Englisch

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Das Mastermodul erstreckt sich über ein Studiensemester. Zur Erlangung des Mastergrades ist eine Masterarbeit anzufertigen. In ihr soll der Student seine Fähigkeit nachweisen, die im Studium erworbenen Kenntnisse in einer selbständigen wissenschaftlichen Arbeit auf Projekte aus der Ingenieurspraxis anzuwenden.

Eine Problemstellung soll innerhalb einer vorgegebenen Frist selbstständig strukturiert werden, nach wissenschaftlichen Methoden systematisch bearbeitet und schließlich transparent dokumentiert werden.

### **Die Studierenden erreichen im Mastermodul folgende Lernziele:**

#### **Fachkompetenz**

Die Studierenden sind fähig, sich in technische/wirtschaftliche Aufgabenstellungen vertiefend einzuarbeiten, Probleme eigenständig zu analysieren und diese zu lösen. Sie sind in der Lage, auch umfangreiche Aufgaben, in Wechselwirkung mit übergreifenden Abteilungen, zu bearbeiten und zu lösen.

Die Studierenden sind in der Lage, z. T. schwierige technisch-wissenschaftliche Zusammenhänge in den Bereichen Elektrotechnik, Informatik, Mechatronik in englischer Sprache vor einem Fachpublikum in Form eines mündlichen Vortrags darzustellen und Fragen zu ihrem Vortrag in vernünftigem Umfang zu beantworten.

#### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden haben die Fähigkeit, ein umfangreiches Problem aus dem Gebiet der



Elektro- und Informationstechnik selbständig auf wissenschaftlicher Grundlage zu bearbeiten und zu lösen.

Die Studierenden können nach seminaristischer Vorbereitung am Anfang des Semesters ihren späteren Vortrag dann in Form und Inhalt für ein Fachpublikum verständlich und in einem zeitlich begrenzten Rahmen halten.

### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage zur selbständigen, eigenverantwortlichen und selbstdisziplinarischen Bearbeitung eines praxisrelevanten, abgrenzbaren (Teil-) Projektes im Umfeld der Elektro- und Informationstechnik unter wissenschaftlich, methodischen Gesichtspunkten. Sie sind weiterhin in der Lage die Ergebnisse in einer schriftlichen, eigenständigen Dokumentation in Form einer wissenschaftlichen Arbeit darzustellen.

Die Präsentationssituation vor Fachpublikum bedeutet ein Vorgriff auf viele ähnliche Situationen im Berufsleben, insbesondere die zeitlichen engen Vorgaben und die Fokussierung auf Kernaussagen, insofern bildet dieses Seminar eine Vorbereitung auf ähnliche Berufssituationen.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master)

Für andere Studiengänge:

Keine

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Nur für Studenten, die im abschließenden 3. Semester sind

## **Inhalt**

Siehe Fächerbeschreibung.

## **Lehr- und Lernmethoden**

Seminararbeit, meist in Kooperation mit Industrieunternehmen

Vertiefte Diskussion der Aufgabenstellung und des Lösungswegs mit den Betreuern des Unternehmens und der Hochschule

Vortrag und Präsentation der Ergebnisse. Seminaristischer Unterricht zur Vorbereitung, Einzelpräsentation, Bewertung anderer Vorträge durch ILearn-Abstimmung

Umgang mit entsprechender Software

## **Besonderes**

Besondere Vorschriften für die Anfertigung der Masterarbeit sind dem Dokument zur Anmeldung der Abschlussarbeit zu entnehmen und einzuhalten.

## **Empfohlene Literaturliste**

Siehe Fächerbeschreibung.

### **► MET 3102 MASTERSEMINAR**

#### **Ziele**

Mit dem Masterseminar sollen die Studierenden in die Lage versetzt werden, Aufgaben und Resultate aus der Masterarbeit zu präsentieren. Der aktuelle Stand der Technik wird erfasst und in einem Referat mitgeteilt. Die didaktische Vortragsweise und Redegewandtheit werden erlernt. Das Masterseminar findet parallel zur Masterarbeit statt: um am Masterseminar teilnehmen zu können, muss die Masterarbeit angemeldet sein und zum Zeitpunkt des Vortrags zumindest zur Hälfte absolviert sein.

#### **Inhalt**

Präsentationstechniken für komplexe technische Zusammenhänge

#### **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Mindestvoraussetzung: Anmeldung der Masterarbeit muss erfolgt sein, größter Teil der Masterarbeit sollte fertig gestellt worden sein

#### **Prüfungsarten**

Präsentation 15 - 45 Min.

#### **Methoden**

Seminaristischer Unterricht zur Vorbereitung, Einzelpräsentation, Bewertung anderer Vorträge durch ILearn-Abstimmung

#### **Empfohlene Literaturliste**

Aktuelle Hinweise auf entsprechende Literatur und Vorträge im Internet erfolgt über den entsprechenden ILearn-Kurs.

### **► MET 3103 MASTERARBEIT**

#### **Ziele**

In der Masterarbeit erwerben die Studierenden die Fähigkeit, weitestgehend selbständig eine anwendungsorientierte aber umfangreiche und komplexe Aufgabenstellung aus dem Gebiet der Elektro- und Informationstechnik zu bearbeiten. Hierbei sollen ingenieurwissenschaftliche Prinzipien und Methoden angewendet werden. Die Planung und Abarbeitung der Teilaufgaben ist so zu gestalten, dass ein vorgegebener Zeitrahmen nicht überschritten wird. Die Arbeit wird in wissenschaftlicher Form dokumentiert und präsentiert.

## **Inhalt**

Individuelle Themenstellungen

## **Prüfungsarten**

Masterarbeit

## **Besonderes**

Sprache: Deutsch oder Englisch

## **Empfohlene Literaturliste**

Fachliteratur entsprechend der gestellten Aufgabenstellung

W. Lück: Technik des wissenschaftlichen Arbeitens, 10. Auflage. De Gruyter Oldenbourg Verlag 2008.

U. Eco: Wie man eine wissenschaftliche Abschlussarbeit schreibt, 13. Auflage. UTB Verlag, Wien 2010.

G. Scheld: Anleitung zur Anfertigung von Praktikums-, Seminar- und Diplomarbeiten sowie Bachelor- und Masterarbeiten, 7. Auflage. Fachbibliothek Verlag, Büren 2008.

E. Standop / M. Meyer: Die Form der wissenschaftlichen Arbeit, 18. Auflage. Quelle & Meyer, Wiebelsheim 2008.

W. Rossig / J. Prätisch: Wissenschaftliche Arbeiten: Leitfaden für Haus- und Seminararbeiten, Bachelor- und Masterthesis, Diplom- und Magisterarbeiten, Dissertationen, 7. Auflage. teamdruck Weyhe 2008.

## **MET-08 AUSGEWÄHLTE THEMEN DER OPTOELEKTRONIK UND LASERTECHNOLOGIE**

Modul Nr.	MET-08
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Franz Daiminger
	Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)
Kursnummer und Kursname	MET 1105 Ausgewählte Themen der Optoelektronik und Lasertechnologie
Lehrende	Prof. Dr. Franz Daiminger
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Master
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### **Qualifikationsziele des Moduls**

**Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:**

#### **Fachkompetenz**

Grundlegende Kenntnisse der quantenmechanischen Beschreibung von Halbleitern. Die Studierenden verstehen die grundlegenden Konzepte der quantenmechanischen Beschreibung des Halbleiters. Sie ist in der Lage sich weitergehende Details selbst anzueignen. Sie ist in der Lage wissenschaftliche Artikel zu schreiben und präzise und korrekte Bezeichnungen anzuwenden.

Die Studierenden besitzen Kenntnisse über strahlende und nicht-strahlende Rekombinationsprozesse in Halbleitern. Die Studierenden kennen die große Bandbreite an möglichen Rekombinationsprozessen. Mit diesem Wissen sind sie in der Lage das komplexe Verhalten von optoelektronischen Halbleitern zu analysieren und passende Bauelemente für verschiedene Anwendungen auszusuchen.

Die Studierenden haben Kenntnisse über die wesentlichen Eigenschaften der wichtigsten binären, ternären und Quaternären Halbleiterlegierungen. Die

Studierenden haben einen Überblick über die Vielzahl verschiedener Halbleitermaterialien und erkennt die strukturellen Eigenschaften dahinter. Mit diesem Wissen können sie Fragestellungen der Zuverlässigkeit bearbeiten.

Die Studierenden haben Kenntnisse zu speziellen Designs von Leuchtdioden und Halbleiterbauelementen, ihre Vorteile und Nachteile. Die Studierenden verstehen die Gründe für spezielle Designs. Sie erwerben eine Basis auf der sie die Einschränkungen der verschiedenen Leuchtdioden analysieren und abschätzen können.

Die Studierenden besitzen eine Übersicht über den derzeitigen Stand von Hochleistungsleuchtdioden. Damit können sie Leuchtdioden für definierte Anwendungen aussuchen und deren Anwendbarkeit in komplexen Systemen analysieren.

Die Studierenden haben Kenntnisse der Grundlagen der Photometrie. Die Studierenden haben die Basis erworben, um die Einsatzmöglichkeiten von Leuchtdioden abzuschätzen und Anwendungssituationen zu analysieren und zu beurteilen.

Die Studierenden haben einen Überblick über die Alterungsmechanismen und Zuverlässigkeitsprobleme. Die Studierenden haben ein Verständnis für das Problemfeld der Zuverlässigkeit gewonnen. Dadurch sind sie in die Lage Zuverlässigkeitsfragen selbständig zu bearbeiten, Qualitätsprobleme zu analysieren und Bewertungen abzugeben.

### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden können die grundlegenden Konzepte der quantenmechanischen Beschreibung des Halbleiters auf verschiedene optoelektronische Bauelemente anwenden. Sie können optoelektronische Bauelemente im Hinblick auf ihre quantenmechanische Wirkungsweise analysieren.

Die Studierenden haben Kenntnisse der optischen und elektrischen Messtechnik zur Charakterisierung von Leuchtdioden und Halbleiterbauelementen und können diese auf verschiedene Bauelemente anwenden. Die Studierenden sind in der Lage selbständig Strategien zu entwickeln, um analytische Fragestellungen zu bearbeiten.

Die Studierenden haben experimentelle Erfahrungen in elektrischen und optischen Messtechniken. Die Studierenden können ihr theoretisches Wissen in praktischer Arbeit umsetzen.

### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden können in Fachdiskussionen als kompetenter Ingenieur auftreten.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)

Für andere Studiengänge:

Studiengang Angewandte Informatik (Master)

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Inhaltlich:

Integral- und Differentialrechnung

Grundlagen der Mechanik und Elektrodynamik

Grundlagen der geometrischen Optik

Grundlagen der Wellenoptik

Grundlagen Halbleitertechnik und elektronische Bauelemente

## **Inhalt**

1. Quantenmechanische Beschreibung des Halbleiters
  - 1.1. Wellenfunktionen und Quantenzahlen
  - 1.2. Energiebandstruktur
  - 1.3. Direkte und indirekte Halbleiter
  - 1.4. Emission von Licht
  - 1.5. Thermische Geschwindigkeit
2. Elektrische Eigenschaften von Halbleitern
  - 2.1. Spektrale Zustandsdichte
  - 2.2. Quantums-Well-Strukturen
  - 2.3. Halbleiterstrukturen 3D,2D,1D,0D
  - 2.4. Thermodynamisches Gleichgewicht, Fermi-Niveau, Quasi-Fermi-Niveau
3. Strahlende und Nicht-Strahlende Rekombinationsprozesse
  - 3.1. Strahlende Band-Band Rekombination
  - 3.2. Shockley-Read-Hall Rekombination
  - 3.3. Rekombination in niederdimensionalen Halbleitern

- 3.4. Rekombination von Exzitonen
- 4. Halbleiterheterostrukturen
  - 4.1. Ladungsträgerinjektion am pn-Übergang
  - 4.2. Konstruktion der Energiebandstruktur von Heteroübergängen
  - 4.3. Verschiedene Heterostrukturen
  - 4.4. Doppel-Heterostruktur
- 5. Elektrische Eigenschaften von Leuchtdioden und Halbleiterlasern
  - 5.1. Ideale und nicht-ideale Strom-Spannungskennlinie
  - 5.2. Ladungsträgerverlust in Doppelheterostrukturen
  - 5.3. Ladungsträgerüberlauf in Doppelheterostrukturen
  - 5.4. Blocking Layers
  - 5.5. Diodenspannung und ihre Temperaturabhängigkeit
- 6. Optische Eigenschaften von Leuchtdioden
  - 6.1. Internal-, extraction-, external- and power –efficiency
  - 6.2. Spontane Emission
- 7. Material Systeme
  - 7.1. GaAsP, GaP, GaAsP:N, GaN:N
  - 7.2. AlGaAs/GaAs
  - 7.3. AlGaInP/GaAs
  - 7.4. GaInN/GaN
  - 7.5. GaInAsP/InP
  - 7.6. GaInAsSb/GaSb
  - 7.7. OLED (organic light emitting diodes)
- 8. Leuchtdioden (LED)
  - 8.1. Allg. Eigenschaften von Hochleistungsleuchtdioden
  - 8.2. Lichtextraktion und Lambertstrahler
  - 8.3. Designaspekte von Hochleistungsleuchtdioden Thermal management of high power LED

## 9. Lichtwahrnehmung

- 9.1. Eye sensitivity function, radiometrische und photometrische Einheiten
- 9.2. Color matching functions und chromaticity diagram
- 9.3. Weißes Licht und Farbtemperatur
- 9.4. Additive and subtractive Farbmischung
- 9.5. Farbwiedergabe

## 10. Halbleiter-Photodetektoren

- 10.1. pn-Diode
- 10.2. Solarzelle
- 10.3. Avalange Photodiode (APD)
- 10.4. PIN Diode
- 10.5. Non-semiconductor photodetectors

## Lehr- und Lernmethoden

Vorlesung, Übungen, Laborpraktikum

## Empfohlene Literaturliste

Li / Zhang: Light Emitting Diodes. Springer Series 2019.

Seong / Han / Amano / Morkoç: III-Nitride Bases Light Emitting Diodes And Applications. Springer Series 2017.

V. Protopopov: Practical Opto-Electronics: An Illustrated Guide For The Laboratory. Springer Series in optical sciences 2014.

S.Kasap: Optoelectronics and Photonics, Principles and Practices, 2nd edition. Prentice Hall, Upper saddle river 2013.

S. Sze: Semiconductor devices, 3rd edition. Wiley Interscience. Hoboken NJ 2013.

F. Schubert: Light Emitting Diodes, 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge 2010.

J. Singh: Electronic and Optoelectronics Properties of Semiconductor Structures, 1st edition. Cambridge University Press, Cambridge 2008.

E. Hecht: Optics, 4th edition. Addison-Wesley 2001.



Mc Cluney / Ross: Introduction to Radiometry and Photometry, 1st edition. Artech House, Boston 1994.

M. Bukshtab: Applied Photometry Radiometry and Measurement of Optical Loss, 1st edition. Springer, PU 2012.

S. Nakamura: Introduction to Nitride Semiconductor Blue Laser and Light Emitting Diodes, 1st edition. Crc Pr Inc 2000.



## **MET-09 AUSGEWÄHLTE THEMEN DER MIKRO- UND NANOELEKTRONIK**

Modul Nr.	MET-09
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Günther Benstetter
	Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)
Kursnummer und Kursname	MET 2102 Ausgewählte Themen der Mikro- und Nanoelektronik
Lehrende	Prof. Dr. Günther Benstetter
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### Qualifikationsziele des Moduls

Im Modul Ausgewählte Kapitel der Mikro- und Nanoelektronik setzen sich die Studierenden mit aktuellen Themen der Mikro- und Nanoelektronik auseinander. Sie erlernen die nötigen Schritte, um die Technologie und Funktionsweise ausgewählter hochintegrierter elektronischer Bauelemente und Systeme zu analysieren, zu verstehen und deren Zuverlässigkeit zu beurteilen.

#### Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:

##### Fachkompetenz

Kenntnisse:

Verständnis der Funktionsweise und Technologie von ausgewählten mikro- und nanoelektronischen Bauelementen und Systemen

Kenntnis ausgewählter physikalischer Analyseverfahren zur Charakterisierung von Mikro- und Nanostrukturen

Verständnis der Grundlagen der Zuverlässigkeitsanalytik komplexer Systeme

#### Fertigkeiten:

Befähigung zur Durchführung und Bewertung physikalischer Analysen und elektrischer Charakterisierungen an mikro- und nanoelektronischen Komponenten

Befähigung zur eigenständigen Planung, Durchführung und Interpretation von Zuverlässigkeitsuntersuchungen an integrierten Bauelementen und Systemen

#### Kompetenzen:

Befähigung zur Klassifizierung von Halbleitertechnologien und zum Identifizieren einzelner Technologie- und Prozessschritte in komplexen Systemen

Befähigung zur Qualitäts- und Zuverlässigkeitsbewertung hochintegrierter Bauelemente und Systeme

#### **Methodenkompetenz**

Basierend auf den erworbenen Analyse- und Problemlösungsfähigkeiten sind die Studierenden in der Lage, ihr methodisches Vorgehen zu transferieren und auf Aufgaben- und Problemstellungen außerhalb der Mikro- und Nanoelektronik anzuwenden.

#### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage, sowohl einzeln als auch als Mitglied internationaler Gruppen komplexe Technologien effektiv zu analysieren und zu bewerten.

### **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)

Für andere Studiengänge:

Studiengang Angewandte Informatik (Master)

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

### **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Empfohlen: Allgemeine Physik, Materialwissenschaften und elektronische Bauelemente

Inhaltlich: Grundlagenkenntnisse elektronischer Bauelemente und integrierter Schaltungen

## **Inhalt**

Technologie und Fertigungsverfahren der Mikro- und Nanoelektronik

Analytik hochintegrierter Strukturen

Methoden der Qualitätssicherung

Entwicklungstrends und neue Technologien

## **Lehr- und Lernmethoden**

Seminaristischer Unterricht in Vorlesung, Durchführung von Laborarbeiten in Gruppen

Tafel, PC-Präsentationen & Simulationen, Visualizer/ Beamer

## **Besonderes**

Eigenständiges Arbeiten an Rasterelektronenmikroskop, Rastersondenmikroskop und Waferproben

## **Empfohlene Literaturliste**

M. Lanza: Conductive Atomic Force Microscopy: Applications in Nanomaterials. John Wiley & Sons 2017.

R. Waser: Nanoelectronics and information technology. John Wiley & Sons 2012.

S. Wolf: Microchip manufacturing. Lattice press, Sunset Beach, California 2004.

B. Streetman: Solid State Electronic Devices, 7th edition. Prentice Hall 2014.

S. Sze: Semiconductor Devices, 3rd edition. John Wiley & Sons 2006.

## **MET-10 SYSTEME DER HOCHFREQUENZ- UND FUNKTECHNIK**

Modul Nr.	MET-10
Modulverantwortliche/r	Prof. Jörg von Mankowski
	Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)
Kursnummer und Kursname	ET 2103 Systeme der Hochfrequenz- und Funktechnik
Lehrende	N.N.
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### Qualifikationsziele des Moduls

Im Modul Systeme der Hochfrequenz- und Funktechnik setzen sich die Studierenden zunächst mit wichtigen Grundlagen der Radartechnik auseinander. Weiterhin lernen sie die Eigenschaften und Anwendungsbereiche der drei grundlegenden Arten von Radarsystemen (Puls, CW, FMCW) kennen. Diese Kenntnisse wenden sie anschließend an, wenn es um die praktische Dimensionierung der wichtigsten Parameter von Radarsystemen geht. Zusätzlich lernen sie Spezialverfahren zur Zielverfolgung kennen und werden in Methoden der Radarsignaltheorie eingeführt. Abschließend lernen sie die Funktionsweise sowie Vor und Nachteile von phasengesteuerten Antennen kennen. Im letzten Teil des Moduls wird in die Grundlagen der bodengestützten Flugnavigationssysteme eingeführt.

#### Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:

##### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen und verstehen grundlegende Verfahren der Radartechnik.

Die Studierenden kennen und verstehen die Grundprinzipien der Zielverfolgung, der Radarsignalverarbeitung und der phasengesteuerten Antennen.

Die Studierenden kennen die Funktionsweise wichtiger bodengestützter Funknavigationssysteme der Luftfahrt.

### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden können die für konkrete technische Aufgabenstellungen am besten geeigneten Radarsysteme auswählen bzw. spezifizieren. Die Studierenden können die wichtigsten Parameter von Radarsystemen dimensionieren. Die Studierenden haben die Fähigkeit zur eigenständigen Recherche und Weiterentwicklung von vorhandenem Basiswissen.

### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage, die grundlegenden Eigenschaften von Radar- und Flugnavigationssystemen argumentativ zu begründen und kritisch zu bewerten.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)

Für andere Studiengänge:

Studiengang Angewandte Informatik (Master)

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal keine

Inhaltlich: Im Bachelorstudiengang ET vermittelte Kenntnisse der Fächer Grundlagen ET, Mathematik und Grundlagen der Nachrichtentechnik.

## **Inhalt**

1. Einführung in die Vorlesung
2. Radartechnik
  - 2.1. Einführung
  - 2.2. Grundlagen

- 2.3. Pulsradar
- 2.4. CW-Radar
- 2.5. FMCW-Radar
- 2.6. Pulsdoppler Radar
- 2.7. Zielverfolgungsradar
- 2.8. Radarsignalverarbeitung
- 2.9. Phasengesteuerte Antennen
- 3. Bodengestützte Funksysteme zur Flugnavigation
  - 3.1. Überblick
  - 3.2. Instrumentenlandesystem (ILS)
  - 3.3. Ungerichtetes Funkfeuer (NDB)
  - 3.4. UKW-Drehfunkfeuer (VOR)
  - 3.5. Distance Measuring Equipment (DME)

## **Lehr- und Lernmethoden**

Seminaristischer Unterricht, Übungsaufgaben

## **Besonderes**

Unterstützung durch die E-Learning-Plattform

## **Empfohlene Literaturliste**

W. Mansfeld: Funkortungs- und Funknavigationsanlagen, Hüthig Verlag

M. I. Skolnik: Introduction to Radar Systems, MHHE Verlag

B. Huder: Einführung in die Radartechnik, Teubner Verlag

J. Göbel: Radartechnik: Grundlagen und Anwendungen, VDE-Verlag

## **MET-11 SPEZIELLE BAUELEMENTE UND SCHALTUNGEN**

Modul Nr.	MET-11
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Werner Bogner
	Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)
Kursnummer und Kursname	MET 2104 Spezielle Bauelemente und Schaltungen
Lehrende	Prof. Dr. Werner Bogner
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Master
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### Qualifikationsziele des Moduls

Im Modul Spezielle Bauelemente und Schaltungen setzen sich die Studierenden zunächst am Beispiel von speziellen Bauelemente mit negativem differentiellen Widerstand für Hochfrequenzoszillatoren mit den speziellen physikalischen Grundlagen der Halbleitertechnik auseinander. Weiterhin lernen Sie die Eigenschaften moderner MOS-Bauelemente und deren spezifischen Anforderungen beim Design in integrierter Technik kennen. Sie erlernen die nötigen Schritte und Besonderheiten beim IC-Design sowie das Design von Grundschaltungen für hochintegrierte analoge MOS Schaltungen.

#### Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:

##### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen und verstehen die physikalischen Grundlagen moderner Halbleiterbauelemente.

Sie kennen verschiedene Halbleiterbauelemente mit negativem differentiellen Widerstand und können deren Eigenschaften analysieren. Die Studierenden haben die Fähigkeit solche Bauelemente als Hochfrequenzoszillatoren anzuwenden.



Die Studierenden kennen den Aufbau und verstehen spezielle Eigenschaften von integrierten MOS-Schaltungen. Sie sind in der Lage Charakterisierungsverfahren anzuwenden und die Ergebnisse zu bewerten.

### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage mittels Simulationen die verschiedenen Eigenschaften von MOS-Transistor-Modellen zu differenzieren. Sie können verschiedene Grundsaltungen und Schaltungskomponenten der integrierten analogen standard CMOS-Technologie anwenden und zu komplexeren Schaltungen zusammenführen und diese Mittels Simulation evaluieren und beurteilen. Die Studierenden haben die Fähigkeit zur eigenständigen Recherche und Weiterentwicklung von vorhandenem Basiswissen.

### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage Eigenschaften von verschiedenen elektronischen Bauelementen und analogen MOS-Schaltungen argumentativ zu begründen und kritisch zu bewerten.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)

Für andere Studiengänge:

Studiengang Angewandte Informatik (Master)

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Inhaltlich: Im Bachelorstudiengang erworbene Kenntnisse der Fächer Bauelemente, Schaltungstechnik 1, Hochfrequenzelektronik

## **Inhalt**

1. Einführung
2. Negative Conductance Microwave Devices
  - 2.1. Esaki or tunnel diode
  - 2.2. IMPATT - diode

- 2.3. Transferred Electron Devices
- 3. MOSFET
  - 3.1. The ideal MOS-structure
  - 3.2. Basic MOSFET behavior
  - 3.3. Second order effects
  - 3.4. Electrical behavior of short channel MOSFET
  - 3.5. Comparison MOSFET - BJT
- 4. CMOS Technology and Layout Considerations
  - 4.1. Physical structure of MOS-transistor
  - 4.2. Passive Components
  - 4.3. CMOS Considerations
  - 4.4. Layout Considerations
- 5. Active Device Modeling
  - 5.1. (C)MOS Simple Large-Signal Model (LEVEL 1)
  - 5.2. (C)MOS Small-Signal Model
  - 5.3. Computer Simulation Models
- 6. Analog CMOS Subcircuits
  - 6.1. MOS Diode / Active Resistor
  - 6.2. Current Sinks and Sources
  - 6.3. Current Mirrors
  - 6.4. Current and Voltage References
  - 6.5. VT Referenced Source or Bootstrap Reference
  - 6.6. Bandgap Reference
- 7. CMOS Amplifiers
  - 7.1. Inverters
  - 7.2. Differential Amplifier
  - 7.3. Design of CMOS Operational Amplifier

#### 7.4. Output Amplifier

### **Lehr- und Lernmethoden**

Seminaristischer Unterricht, Simulationsbeispiele, Übungsaufgaben

### **Besonderes**

Unterstützung durch die E-Learning-Plattform

### **Empfohlene Literaturliste**

Streetman / Banerjee: Solid State Electronic Devices, 6th edition. Prentice Hall 2006.

Muller / Kamins: Device Electronics for Integrated Circuits, John Wiley&Sons 2003.

Brennan / Brown: Theory of Modern Electronic Semiconductor Devices, John Wiley&Sons 2008.

Sze: Semiconductor Devices, 3rd edition. John Wiley & Sons 2012.

Allen / Holberg: CMOS Analog Circuit Design, 3rd edition. Oxford University Press 2012.

Comer / Comer: Fundamentals of Electronic Circuit Design, John Wiley&Sons 2003.

Razavi: Design of Analog CMOS Integrated Circuits, 2nd edition. McGraw-Hill Education 2016.

## **MET-12 SIGNALE UND SYSTEME DER NACHRICHTENTECHNIK**

Modul Nr.	MET-12
Modulverantwortliche/r	Prof. Jörg von Mankowski
	Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)
Kursnummer und Kursname	MET 2105 Signale und Systeme der Nachrichtentechnik
Lehrende	N.N. Prof. Jörg von Mankowski
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### Qualifikationsziele des Moduls

Im Modul Signale und Systeme der Nachrichtentechnik setzen sich die Studierenden zunächst mit wichtigen Grundlagen der Beschreibung von Signalen im Zeit- und Frequenzbereich auseinander und lernen die wichtigsten Kenngrößen von Signalen kennen. Weiterhin lernen sie die wesentlichen Gesetze der Fouriertransformation und ihre Bedeutung in der Signaltheorie kennen. Diese Kenntnisse wenden sie anschließend an, wenn es um das Übertragungsverhalten von LZI-Systemen im Zeit- und Frequenzbereich geht. Im letzten Teil des Moduls wird in die Grundlagen der Analyse von Zufallssignalen im Zeit und Frequenzbereich eingeführt, sowie vermittelt, wie man das Übertragungsverhalten von LZI-Systemen bei Zufallssignalen beschreiben und ermitteln kann.

#### Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:

##### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen und verstehen wichtige Kenngrößen von Signalen im Zeit- und Frequenzbereich.

Die Studierenden kennen die wichtigsten Gesetze der Fouriertransformation.

Die Studenten kennen das grundsätzliche Signalübertragungsverhalten von LZI-Systemen im Zeit- und Frequenzbereich.

Die Studierenden kennen wichtige Kenngrößen von Zufallssignalen im Zeit- und Frequenzbereich (Statistische Parameter, Dichte- und Verteilungsfunktionen, Auto- und Kreuzkorrelationsfunktion, Leistungsspektrum).

Die Studenten kennen das grundsätzliche Signalübertragungsverhalten von LZI-Systemen bei Zufallssignalen.

### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden können die wichtigsten Parameter von Signalen bestimmen. Die Studierenden können mittels der Fouriertransformation das Spektrum wichtiger elementarer Signale ermitteln. Die Studenten können das Übertragungsverhalten von elementaren LZI-Systemen im Zeit- und Frequenzbereich rechnerisch ermitteln. Die Studierenden können wichtige Kenngrößen von Zufallssignalen sowie das Übertragungsverhalten von elementaren LZI-Systemen bei Zufallssignalen im Zeit- und Frequenzbereich berechnen. Die Studierenden haben die Fähigkeit zur eigenständigen Recherche und Weiterentwicklung von vorhandenem Basiswissen.

### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage, die grundlegenden Eigenschaften von deterministischen und zufälligen Signalen sowie von LZI-Systemen im Zeit- und Frequenzbereich argumentativ zu begründen und kritisch zu bewerten.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Elektronische und nachrichtentechnische Systeme (ENS)

Für andere Studiengänge:

Studiengang Angewandte Informatik (Master)

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Inhaltlich: Im Bachelorstudiengang ET vermittelte Kenntnisse der Fächer Grundlagen ET, Mathematik und Grundlagen der Nachrichtentechnik.

## Inhalt

1. Signale und ihre Kenngrößen
  - 1.1. Signal und Nachricht
  - 1.2. Das Nachrichtenübertragungssystem und seine Signale
  - 1.3. Klassen von Signalen
  - 1.4. Kenngrößen von Signalen
  - 1.5. Testsignale
  - 1.6. Transformation von Signalen im Zeitbereich
  - 1.7. Das Signalspektrum
2. Beziehungen zwischen Signal und Spektrum
  - 2.1. Summationssatz
  - 2.2. Spektrum und Gleichanteil eines Signals
  - 2.3. Impulsfläche und Spektrum
  - 2.4. Spektralflächenbandbreite eines Signals
  - 2.5. Reziprozität zwischen Impulsdauer und Bandbreite bei Impulsen
  - 2.6. Gewichtung eines Signals
  - 2.7. Ähnlichkeitssatz
  - 2.8. Verschiebungssatz (Zeitbereich)
  - 2.9. Verschiebungssatz (Frequenzbereich)
  - 2.10. Gerade und ungerade Signale
  - 2.11. Zuordnungssatz
  - 2.12. Konjugiert komplexe und gespiegelte Signale
  - 2.13. Theorem von Parseval
  - 2.14. Energiesatz
  - 2.15. Vertauschungssatz
  - 2.16. Differentiationssatz (Zeitbereich)
  - 2.17. Differentiationssatz (Frequenzbereich)

- 2.18. Integrationssatz (Zeitbereich)
- 2.19. Integrationssatz (Frequenzbereich)
- 2.20. Faltungssatz (Zeitbereich)
- 2.21. Faltungssatz (Frequenzbereich)
- 3. Grundlegende Übertragungseigenschaften von Nachrichtensystemen
  - 3.1. Theoretische Klassifizierung der Nachrichtensysteme
  - 3.2. Signalübertragungsverhalten von LZI-Systemen im Zeitbereich
  - 3.3. Signalübertragungsverhalten von LZI-Systemen im Frequenzbereich
  - 3.4. Tiefpasssysteme
  - 3.5. Hochpasssysteme
  - 3.6. Bandpasssysteme
  - 3.7. Laufzeitsysteme
- 4. Zufallssignale
  - 4.1. Einleitung
  - 4.2. Augenblickswerteigenschaften von Zufallssignalen
  - 4.3. Zeit- und Spektraleigenschaften von Zufallssignalen
  - 4.4. Übertragung von Zufallssignalen über LZI-Systeme

## **Lehr- und Lernmethoden**

Seminaristischer Unterricht, Übungsaufgaben

## **Besonderes**

Unterstützung durch die E-Learning-Plattform

## **Empfohlene Literaturliste**

J.Prokais / M. Salehi: Communication Systems Engineering, ISBN 0-3130-95007-6

S. Haykin: Communication Systems, ISBN 0-471-17869-1

A. Oppenheim: Signals and Systems, ISBN 0-13-651175-9

Z. Gajic: Linear Dynamic Systems and Signals, ISBN 0-201-61854-0

T. Chon: Statistical Signal Processing, ISBN 1-85233-385-5





## **MET-13 HÖHERE MODELLBILDUNG UND SIMULATION**

Modul Nr.	MET-13
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Mathias Hartmann
	Automatisierungstechnik (AT)
Kursnummer und Kursname	MET 1106 Höhere Modellbildung und Simulation
Lehrende	Prof. Dr. Mathias Hartmann
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schriftl. Prüf.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### Qualifikationsziele des Moduls

Die digitale Transformation industrieller Prozesse hängt stark von der Verfügbarkeit geeigneter Modelle ab. Diese Modelle werden in der virtuellen Produktentwicklung, bei der Digitalisierung von Anlagenbetrieb und -wartung, aber auch bei der virtuellen Beschreibung von Prozessen, z.B. in Steuerungen oder Materialflüssen, eingesetzt. Der Schwerpunkt dieses Kurses liegt daher auf der Modellierung technischer Systeme als Grundlage für die Systemsimulation.

Die Inhalte des Moduls Advanced Modelling and Simulation befähigen die Studierenden, Modelle von technischen Systemen und Prozessen für unterschiedliche Anwendungen auszuwählen und zu entwerfen. Dazu werden die im Folgenden beschriebenen fachlichen und methodischen Kompetenzen vermittelt.

Nach Abschluss des Moduls Advanced Modelling and Simulation sind die Studierenden in der Lage

- o technische Systeme mit einfachen Bilanzierungsansätzen zu modellieren.
- o die Systemgleichungen durch Anwendung geeigneter numerischer Methoden zu lösen.

- o aus den erlernten Methoden zur experimentellen Modellierung die erforderlichen Methoden auszuwählen und in einen Modellierungsprozess einzubringen.
- o Methoden zur experimentellen Generierung von Modellen dynamischer Systeme anzuwenden.
- o die generierten Modelle in geeigneter Weise Simulationswerkzeugen zuordnen und nutzen.

Im Modul Advanced Modelling and Simulation sollen die folgenden Kompetenzen vermittelt werden:

### **Fachkompetenz**

- o Verstehen und Anwenden von Methoden der experimentellen Modellierung von dynamischen Systemen.
- o Vertiefung (Synthese) der modellbildenden Methoden zu komplexen Gesamtmodellen.
- o Verstehen verschiedener Ansätze zur Gestaltung von Simulationssystemen

### **Methodenkompetenz**

- o Anwendung von Zustandsautomaten zur Modellierung von technischen Systemen.
- o Verifikation (Bewertung) von Modellierungsergebnissen.
- o Anwendung der erstellten Modelle in geeigneten Simulationssystemen.
- o Beurteilung der Eignung von Modellen für die Phasen eines Produktentwicklungsprozesses.

### **Persönliche Kompetenz**

- o Lösung von komplexen Modellierungs- und Simulationaufgaben.

### **Soziale Kompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage, die Problemstellungen aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten und ihre in der Modulsituation erworbenen Kompetenzen in Einzel- und Gruppendiskussionen angemessen einzusetzen.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Automatisierungstechnik (AT)

Für andere Studiengänge:

Wahlfach für General Engineering

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Inhaltlich: Kenntnisse der Systemtheorie linearer Systeme, Kenntnisse physikalischer Grundlagen elektrischer und mechanischer Systeme, grundlegende Kenntnisse analogen und digitalen Regelungen, fortgeschrittene Kenntnisse der Programmiersprache C

## **Inhalt**

I Mathematische Modelle physikalischer Systeme

- Differentialgleichungen physikalischer Systeme
- Lineare Annäherung an nichtlineare Systemgleichungen
- Blockdiagramme
- Zustandsraummodelle linearer Systeme
- Diskrete Zeitsysteme

II Modellierung von physikalischen Systemen im Zeitbereich

- Mechanische Systeme
- Elektrische Systeme
- Elektromechanische Systeme
- Lagrange-Formalismus

III Parameter-Schätzung

- Die Steepest-Descend-Methode
- Quasi-Newton-Ansätze

## **Lehr- und Lernmethoden**

Vorlesung, Rechnerpraktikum, praktische Übungen, Einzel- und Gruppenarbeit

## **Besonderes**

Tutorium wird angeboten

Unterstützung durch die E-Learning-Plattform

## **Empfohlene Literaturliste**

Robert L. Woods, Kent L. Lawrence: Modeling and Simulation of Dynamic Systems. Prentice Hall, 1997

Isermann R.: Identification of dynamic systems. Springer-Verlag, 2011.

Ljung L., Glad T.: Modeling of dynamic systems. Prentice Hall, 1994

Ake Björck, Germund Dahlquist. Numerical methods. Dover Publications. 1974

## **MET-14 AUSGEWÄHLTE THEMEN DER REGELUNGSTECHNIK**

Modul Nr.	MET-14
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Nikolaus Müller
	Automatisierungstechnik (AT)
Kursnummer und Kursname	MET 2106 Ausgewählte Themen der Regelungstechnik
Lehrende	Prof. Dr. Nikolaus Müller
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Studierende sollen befähigt werden, für anspruchsvolle dynamische Strecken mit Hilfe der Zustandsraummethode geeignete Regler und Beobachter entwerfen und als Programm umsetzen zu können.

#### **Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:**

##### **Fachkompetenz**

Sie können dynamische Systeme im Zustandsraum formulieren

Sie können die wichtigen Eigenschaften benennen und diese berechnen

Sie können Regler und Beobachter für niedrige Systemordnung nach dem Polvorgabeverfahren berechnen

Sie können erklären, wie Beobachter wirken und welchen Nutzen sie bringen

Sie können eine zeitdiskrete Darstellung der Strecke bestimmen

Sie können ein Programm für Beobachter und Regler erstellen

Sie können eine Streckenbeschreibung in Matlab/Simulink umsetzen

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Automatisierungstechnik (AT)

Für andere Studiengänge:

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

## **Inhalt**

1. Beschreibung dynamischer Systeme im Zustandsraum
  - 1.1. Physikalische Modellierung
  - 1.2. Aufstellen der Zustandsdarstellung aus anderen Modellen
  - 1.3. Methoden zur Lösung der Differentialgleichungen
2. Eigenschaften
  - 2.1. Stabilität
  - 2.2. Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit
  - 2.3. Normalformen
3. Regelungsentwurf
  - 3.1. Polvorgabeverfahren für Eingrößensysteme
  - 3.2. Polvorgabeverfahren für Mehrgrößensysteme
  - 3.3. Andere Entwurfsverfahren
4. Beobachterentwurf
5. Zeitdiskrete Beschreibung

## **Lehr- und Lernmethoden**

Blended Learning, Seminaristischer Unterricht, Übungen

## **Empfohlene Literaturliste**

R. Dorf / R. Bishop: Modern Control Systems. 13. edition. Pearson, 2017.

K. Ogata: Modern Control Engineering. 5. edition. Pearson, 2010.

N. Nise: Control Systems Engineering. 6. edition. Wiley, 2011.

S. Chapman: Matlab® Programming with Applications for Engineers. Cengage Learning, 2013.



## **MET-15 AUSGEWÄHLTE THEMEN DER BERÜHRUNGSLOSEN SENSORIK**

Modul Nr.	MET-15
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Simon Zabler
	Automatisierungstechnik (AT)
Kursnummer und Kursname	MET 2107 Ausgewählte Themen der berührungslosen Sensorik
Lehrende	Prof. Dr. Simon Zabler
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Gründliche Kenntnisse und ein vertieftes Verständnis ausgewählter berührungslos arbeitender Sensoren und Sensorsysteme

#### **Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:**

##### **Fachkompetenz**

Bewertung von Aufgabenstellungen aus der industriellen Praxis in Hinblick auf den Einsatz berührungslos arbeitender Sensoren und Sensorsysteme

##### **Methodenkompetenz**

Kenntnis von Strategien zur Lösung dieser Aufgabestellungen, insbesondere im Bereich der analogen und digitalen Bildverarbeitung

Umsetzung dieser Lösungsstrategien anhand praktischer Anwendungsbeispiele

##### **Persönliche Kompetenz**

Entwicklung von Strategien zur Bewertung von Sensorikeinsatz im Industrieumfeld



## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Automatisierungstechnik (AT)

Für andere Studiengänge:

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Inhaltlich: Beherrschung mathematischer Grundlagen und ihrer technischen und wissenschaftlichen Anwendungen, insbes. Trigonometrie, Koordinatensysteme, Vektor- und Matrizenrechnung, Differentiations- und Integralrechnung, geometrische Transformationen, Interpolationstechniken

Beherrschung physikalischer Grundlagen und ihrer technischen und wissenschaftlichen Anwendungen insbes. im Bereich der Erzeugung, Messung und des Transfers elektromagnetischer Strahlung insbesondere im sichtbaren Spektralbereich

## **Inhalt**

Sensorprinzipien der geometrischen Optik (u.a. Triangulation, Lichtschnittverfahren, Bildaufnahme und Bildvorverarbeitung)

Sensorprinzipien der Ausbreitung elektromagnetischer Strahlung (u.a. Laufzeitmessung, Schichtdickenmessung, Photometrie, Fluoreszenz, Interferometrie, Lichtschranken und -tastersysteme)

Sensorprinzipien der Umwandlung elektromagnetischer Strahlung (u.a. Photovervielfacher, Fotoelemente, CCD- und CMOS-Sensoren)

Fallbeispiele technischer Sensoranwendungen

Bearbeitung und Lösung industrieller Aufgabenstellungen mit Hilfe von Bilderfassung, Bildvorverarbeitung und Bildverarbeitung

## **Lehr- und Lernmethoden**

Seminaristischer Unterricht, Software-Workshops, Laborarbeiten

## **Empfohlene Literaturliste**

C. Demant et al: Industrial Image Processing bzw. Industrielle Bildverarbeitung, Springer.

- R. Gonzalez / R. Woods: Digital Image Processing, Prentice Hall.
- J. Haus: Optical Sensors, Wiley-VCH.
- S. Hesse / G. Schnell: Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation, Vieweg.
- A. Hornberg (editor): Handbook of Machine Vision, Wiley-VCH.
- B. Jähne: Digital Image Processing bzw. Digitale Bildverarbeitung, Springer.
- R. Jain / R. Kasturi, B.G / Schunck: Machine Vision, McGraw-Hill Book Company.
- J. Niebuhr / G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren, Oldenbourg.
- M. Petrou / P. Bosdigoanni: Image Processing, John Wiley & Sons.
- E. Schiessle: Industriesensorik, Vogel Verlag.
- C. Solomon / T. Breckon: Fundamentals of Digital Image Processing.
- C. Steger / M. Ulrich / Chr. Wiedemann: Machine Vision Algorithms and Applications, Wiley-VCH.

## **MET-16 AUTOMOBILE UND INDUSTRIELLE ELEKTRISCHE ANTRIEBSSYSTEME**

Modul Nr.	MET-16
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Nikolaus Müller
	Automatisierungstechnik (AT)
Kursnummer und Kursname	MET 2108 Automobile und industrielle elektrische Antriebssysteme
Lehrende	Prof. Dr. Peter Firsching Prof. Dr. Nikolaus Müller
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Das Modul Automobile und industrielle elektrische Antriebssysteme führt in diverse elektrische Antriebssysteme ein, lehrt die typischen Methoden der Ansteuerung und zeigt die besonderen Anforderungen im Automobil bzw. in industrieller Umgebung. Das Fach bietet einen Überblick über elektrische Antriebe für industrielle Anwendungen und im Fahrzeug und zeigt weitere mögliche nachhaltige Antriebskonzepte auf.

**Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:**

#### **Fachkompetenz**

#### **Vorlesungsschwerpunkt Automobile elektrische Antriebssysteme**

Sie können die Komponenten eines elektrischen Antriebsstrangs auflisten

Sie können Pulsmuster für die Raumzeigermodulation berechnen

Sie können die elektrochemischen Vorgänge in Batterien beschreiben und deren Verhalten erklären

Sie können Vor- und Nachteile des elektrischen Antriebsstrang dem konventionellen Verbrennungsmotor gegenüberstellen

Sie können Hybridfahrzeugkonzepte und alternative Verbrennungsmotoren benennen

Sie können alternative Kraftstoffe auf ihre Anwendbarkeit im Fahrzeug analysieren

Sie können verschiedene Antriebskonzepte für deren Anwendung beurteilen

### **Vorlesungsschwerpunkt Industrielle elektrische Antriebssysteme**

Sie verstehen den Aufbau eines mehrachsigen Bewegungssteuerungssystems (motion control)

Sie beherrschen die mathematischen Methoden zu feldorientierten Beschreibung dreiphasiger elektrischer Maschinen

Sie können das dynamische Verhalten von dreiphasigen Synchron- und asynchronmaschinen beschreiben

Sie können unterschiedliche Entwurfsansätze für Drehzahlregelungssysteme elektrischer Antriebe benennen

Sie können Drehzahlregelungssysteme für elektrische Antriebe entwerfen

### **Persönliche Kompetenz**

Sie erarbeiten sich Inhalte in Gruppen

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Automatisierungstechnik (AT)

Für andere Studiengänge:

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

# Inhalt

## **Vorlesungsschwerpunkt Automobile elektrische Antriebssysteme**

1. Elektrischer Antriebsstrang
  - 1.1. Antriebsmotoren
  - 1.2. Umrichter-Ansteuerung mit Raumzeigermodulation
  - 1.3. Batterien
  - 1.4. Ladekonzepte
2. Kraftstoffunterstützte elektrische Fahrzeuge
  - 2.1. Brennstoffzelle
  - 2.2. Hybridfahrzeuge
3. Nachhaltige Verbrennungsmotorkonzepte
  - 3.1. Alternative Kraftstoffe
  - 3.2. Alternative Verbrennungs-Antriebe

## **Vorlesungsschwerpunkt Industrielle elektrische Antriebssysteme**

1. Industrielle Antriebe
  - 1.1. Allgemeine Eigenschaften
  - 1.2. Energieeffizienzklassen
  - 1.3. Bewegungskontrolle
  - 1.4. Ladekonzepte
2. Dynamische Modelle elektrischer Maschinen
  - 2.1. Modellierung des dynamischen Verhaltens elektrischer Maschinen
  - 2.2. Clark / Park-Transformation
  - 2.3. Dynamische Modellsynchronmaschine
  - 2.4. Dynamische Modell-Asynchronmaschine
3. Regelung elektrischer Geräte
  - 3.1. Entwurf eines allgemeinen Steuerungssystems
  - 3.2. Drehzahlregelung für Gleichstrommaschinen

3.3. Steuerungsdesign für 3 ~ Maschinen

3.4. Direkte Drehmomentregelung

## **Lehr- und Lernmethoden**

Seminaristischer Unterricht, Gruppenarbeit

## **Empfohlene Literaturliste**

R. Jürge: Electric and Hybrid-Electric Vehicles. SAE international 2011.

J. Beretta: Automotive Electricity. Wiley 2010.

Ehsani / Gao / Longo / Ebrahimi: Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicle, 3. edition. CRC-Press 2019.

A. Emadi: Advanced Electric Drive Vehicles. CRC-Press 2015.

J. Erjavec: Hybrid Electric & Fuel Cell Vehicles, 2. edition. Delmar 2013.

I. Husain: Electric and Hybrid Vehicles, 2. edition. CRC-Press 2011.

A. Khajepour / S. Fallah / A. Goodarzi: Electric and Hybrid Vehicles. Wiley 2014.

B. Bose: Modern Power Electronics and AC Drives. Prentice Hall 2002.

G. Henneberger: Electrical Machines I. Lecture notes. Technical University Aachen 2002.

R. Dorf / R. Bishop: Modern Control Systems, 13. edition. Pearson Prentice Hall 2017.

Diverse Fachzeitschriften

Anwenderhinweise

## **MET-17 FORTGESCHRITTENE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK**

Modul Nr.	MET-17
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Terezia Toth
	Automatisierungstechnik (AT)
Kursnummer und Kursname	MET 2109 Fortgeschrittene Automatisierungstechnik
Lehrende	Martin Fischer Prof. Dr. Terezia Toth
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Englisch

### **Qualifikationsziele des Moduls**

Im Modul Fortgeschrittene Automatisierungstechnik erhalten Studierende einen Überblick über die Funktionsweise von Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) sowie grundlegende Anforderungen an Hardware und Software.

Sie lernen die standardisierten (IEC61131-3) und herstellerspezifischen (TIA Portal) Möglichkeiten der Programmierung kennen. Sie lernen den Umgang mit Visualisierungssoftware für die Benutzerschnittstelle.

Die Studierenden erlangen die grundlegende Kompetenz, automatisierte Prozesse in der Automobilindustrie, Kraftwerken, der chemischen Industrie, der Gebäudetechnik und im Transport und Verkehrswesen zu verstehen.

Sie können somit die digitale Transformation der Industrie mitgestalten.

### **Die Studierenden erreichenfolgende Lernziele:**

#### **Fachkompetenz**

Die Studierenden kennen die Konzepte und die Komponenten einer modernen automatisierungstechnischen Anlage samt Aufbau, Struktur und Funktionsweise von industriellen Kommunikationssystemen, auch im Hinblick auf die Sicherheit.

Sie sind in der Lage, einfache Aufgabenstellungen der Automatisierungstechnik zu analysieren, zu klassifizieren und zu lösen.

Die Studierenden kennen die Anforderungen an Hardware und Software für eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS). Sie kennen den Aufbau und die Funktionsweise einer SPS. Sie können SPS-Programme erstellen. Mit Hilfe von Visualisierungssoftware können sie Prozesse und Abläufe darstellen.

### **Methodenkompetenz**

Das anwendungsbezogene Wissen erlaubt es den Studierenden, Vor- und Nachteile der einzelnen industriellen Bussysteme zu vergleichen, Vor- und Nachteile der einzelnen Programmiersprachen gegeneinander abzuwägen und optimale Lösungen zu finden.

### **Persönliche Kompetenz**

Die Studierenden bearbeiten Problemstellungen konzentriert und selbständig. Sie können ihre Lösungswege mündlich wie schriftlich in angemessener Fachsprache kommunizieren.

Sie lernen aus Fehlern, können die eigenen Fähigkeiten einschätzen und verbessern. Sie sind in der Lage, aktiv im Team zu arbeiten.

## **Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen**

Für diesen Studiengang:

Pflichtfach im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Master);  
Studienschwerpunkt Automatisierungstechnik (AT)

Für andere Studiengänge:

Angewandte Informatik (Master)

Wahlfach für Master Applied Research in Engineering Sciences

## **Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen**

Formal: keine

Inhaltlich: Grundlagenkenntnisse in Automatisierung

## **Inhalt**

### **1. Funktionsweise von SPS**

1.1. Hardwareanforderungen

1.2. Aktuelle Ausführungsformen



- 1.3. Umgebungsbedingungen
- 1.4. Echtzeitanforderungen
- 2. Programmiersprachen
- 3. Darstellung der Automatisierungstechnik in Hinblick auf die industrielle
  - 3.1. Kommunikation
  - 3.2. ISO/OSI Modell in der industriellen Kommunikation
  - 3.3. Automatisierungspyramide
  - 3.4. Vertikale Kommunikation
  - 3.5. Aufbau und Funktionsweise gängiger Kommunikationssysteme

## Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht mit Übungen  
Praktische Übungen im Labor

## Empfohlene Literaturliste

R. Laubner / P. Göhner: Prozessautomatisierung I. Springer Verlag 1999.  
G. Wellenreuther / D. Zastrow: Steuerungstechnik mit SPS, Springer/Vieweg 2015.  
G. Wellenreuther: Automatisieren mit SPS - Übersichten und Übungsaufgaben, Springer/Vieweg 2015.  
K. John / M. Tiegelkamp: SPS-Programmierung mit IEC, Springer Verlag 2009.  
G. Schnell: Bussysteme in der Automatisierungstechnik, 4. Auflage. Vieweg Verlag 2000.  
W. Kriesel / O. Madelung: AS-Interface ? Das Aktuator-Sensor-Interface für die Automation. Hanser Verlag 1999.  
M. Popp: Profibus-DP/DPV1, 2. Auflage. Hüthig Verlag 2000.  
M. Popp: Das PROFINET IO-Buch: Grundlagen und Tipps für Anwender, 2. Auflage. VDE Verlag 2010.  
Ausbildungsunterlagen der Fa. Siemens:  
[www.siemens.com/global/de/home/unternehmen/nachhaltigkeit/ausbildung/sce.html](http://www.siemens.com/global/de/home/unternehmen/nachhaltigkeit/ausbildung/sce.html)