

# Modulhandbuch für den Master-Studiengang Elektro- und Informationstechnik

Abschluss: Master of Science (M.Sc.)

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	2
1 Einleitung .....	4
1.1 Module .....	4
1.2 Leistungspunkte.....	4
2 Übersicht über den Studiengang .....	5
3 Module.....	8
3.1 Studienrichtung Informationstechnik .....	8
3.1.1 Signal Theory .....	8
3.1.2 Communication Systems .....	10
3.1.3 Optical Data Transmission .....	12
3.1.4 Information Theory and Coding .....	14
3.1.5 Design and Analysis of Integrated Circuits .....	16
3.1.6 RF Systems.....	18
3.2 Studienrichtung Automatisierungstechnik.....	21
3.2.1 Betriebsleittechnik.....	21
3.2.2 Entwurf und Regelung kollaborativer Robotersysteme .....	23
3.2.3 Safety and Security in Automation .....	26
3.2.4 Prozessinformatik .....	29
3.2.5 Advanced Control .....	32
3.2.6 Design für Six Sigma.....	34
3.3 Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien.....	36
3.3.1 Elektrische Antriebe .....	36
3.3.2 Hochspannungsprüftechnik und EMV.....	38
3.3.3 Verteilte Energiesysteme .....	40
3.3.4 Netzbetrieb und Schaltgeräte.....	43
3.3.5 Solare Energienutzung.....	45
3.3.6 Seminar Erneuerbare Energien .....	47
3.4 Studienrichtung Sensorsystemtechnik .....	49
3.4.1 Physikalische und chemische Sensorik.....	49
3.4.2 Mikrosysteme .....	52
3.4.3 Theoretische Aspekte der Sensorik I .....	55
3.4.4 Theoretische Aspekte der Sensorik II .....	57
3.4.5 Bio- Chemo- und Strahlungssensorik .....	60
3.4.6 Optische Sensorik .....	63

- 3.4.7 Umwelttechnologie ..... 66
- 3.5 Studienrichtung Elektromobilität und Autonome Systeme ..... 68
  - 3.5.1 Elektrische Antriebe ..... 68
  - 3.5.2 Switched Mode Power Supplies ..... 68
  - 3.5.3 Radarsysteme ..... 70
  - 3.5.4 Advanced Control ..... 71
  - 3.5.5 Signalprocessing for Autonomous Systems..... 72
  - 3.5.6 Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie..... 74
- 3.6 Allgemeine Module ..... 77
  - 3.6.1 Wissenschaftliches Arbeiten ..... 77
  - 3.6.2 Wahlmodule ..... 78
  - 3.6.3 Master-Thesis ..... 79
  - 3.6.4 Abschlussprüfung ..... 80

# 1 Einleitung

Dieses Handbuch beschreibt den Masterstudiengang Elektro- und Informationstechnik, der an der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft angeboten wird.

Ziel des Handbuchs ist es, den Studierenden sowie Studiumsinteressenten einen Überblick über das Master-Studium zu geben (Kapitel 2) und gleichzeitig auch eine ausführliche Beschreibung der Lehrinhalte der einzelnen Module und der ihnen zugeordneten Lehrveranstaltungen zu sein. Insofern erfüllt dieses Modulhandbuch auch die Funktion eines kommentierten Vorlesungsverzeichnisses.

Die Beschreibung der Module orientiert sich an den Standards, die von der Kultusministerkonferenz (KMK) in ihrem Beschluss zur Einführung von Leistungspunkten und zur Modularisierung der Studiengänge vorgegeben wurden.

## 1.1 Module

Unter Modularisierung versteht man die Zusammenfassung von Stoffgebieten zu thematisch und zeitlich abgerundeten, in sich geschlossenen und mit Leistungspunkten versehenen abprüfbaren Einheiten. Module können sich aus verschiedenen Lehr- und Lernformen zusammensetzen. Wenn alle zu einem Modul gehörigen Prüfungsleistungen erbracht sind, werden dem Prüfungskonto Leistungspunkte gutgeschrieben und es wird die Note des Moduls berechnet.

Mit der Modularisierung wird das Ziel verfolgt, die Mobilität der Studierenden zu fördern, indem ein wechselseitiges Anerkennen von Studienleistungen ermöglicht wird.

## 1.2 Leistungspunkte

Die Leistungspunkte oder Kreditpunkte (englisch Credit Points, Abkürzung CP) dienen der quantitativen Erfassung der von den Studierenden erbrachten Arbeitsleistung. Ein Leistungspunkt entspricht dabei einem Studienaufwand von 30 Stunden effektiver Studienzeit. Sie umfasst Präsenzzeiten, Vor- und Nachbereitung sowie Prüfungsvorbereitung. Ein Studienjahr umfasst 60 CP, entsprechend 1800 Arbeitsstunden im Jahr. Der Umfang von Lehrveranstaltungen und die zugehörigen Leistungspunkte der einzelnen Lehrveranstaltungen sind in den Modulbeschreibungen angegeben.

Leistungspunkte werden nur insgesamt für ein Modul vergeben und nur dann, wenn alle einem Modul zugeordneten Prüfungsleistungen und ggf. Prüfungsvorleistungen erfolgreich abgelegt wurden.

## 2 Übersicht über den Studiengang

Der Masterstudiengang Elektro- und Informationstechnik führt nach drei Semestern mit einem Arbeitsaufwand von 90 Kreditpunkten nach ECTS zum Abschluss „Master of Science“.

Ziel des Masterstudiengangs ist es, basierend auf einer breiten Grundlagenausbildung den Studierenden eine Vertiefung in wichtigen Teilbereichen der Elektro- und Informationstechnik zu ermöglichen. Dabei steht der Erwerb von fundierten theoretischen Kenntnissen im Vordergrund. Die Anzahl von Laborveranstaltungen ist z.B. gegenüber einem Bachelorstudiengang erheblich reduziert. Die Studierenden werden befähigt, komplexe Sachverhalte zu verstehen, sie in mathematischen oder physikalischen Modellen darzustellen, Erkenntnisse daraus zu gewinnen und diese auf verwandte Aufgabenstellungen anzuwenden. Ein wichtiger Aspekt der Master-Ausbildung ist auch, die Studierenden zu selbstständigem wissenschaftlichen Arbeiten anzuleiten. So erbringen die Studierenden mehr als 40% der erforderlichen Kreditpunkte (bis zu 38 von 90 Kreditpunkten) in unter Anleitung eigenständig durchgeführter angewandter Forschung im Rahmen von Projektarbeiten und der Masterarbeit.

Der Abschluss befähigt die Studierenden zur Aufnahme einer Tätigkeit in Entwicklungs- und Forschungsabteilungen der elektro- und informationstechnischen Industrie, als technische Projektleiter und Projektkoordinatoren oder in verantwortungsvollen Positionen der öffentlichen technischen Verwaltung. Er berechtigt ebenso zur Aufnahme in einen Promotionsstudiengang.

Im Zuge der immer fortschreitenden Globalisierung ist der Erwerb von internationaler Erfahrung eine wichtige Schlüsselkompetenz für die Studierenden. Um diese Erfahrung zu ermöglichen kann im Rahmen des Masterstudiums Elektro- und Informationstechnik an der Hochschule Karlsruhe ein Doppelabschluss mit einer ausländischen Hochschule erzielt werden. Für den anglo-amerikanischen Raum besteht ein Doppelabschlussprogramm mit der Ryerson-Universität in Toronto, bei dem nach zwei Semestern Studium in Karlsruhe und zwei Semestern in Toronto die Masterabschlüsse beider Hochschulen erreicht werden. Für den frankophonen Raum besteht ein ähnliches Abkommen mit der INSA aus Strasbourg, das ebenfalls nach vier Semestern Studium zu einem deutschen und einem französischen Masterabschluss führt.

Der Masterstudiengang Elektrotechnik steht in- und ausländischen Studierenden mit einem überdurchschnittlich abgeschlossenen Bachelor- oder Diplomstudium im Fach Elektrotechnik oder einer verwandten Fachrichtung (z. B. Sensorsystemtechnik, Mechatronik, etc.) offen. Ein Teil der Vorlesungen wird nach vorheriger Ankündigung in englischer Sprache angeboten.

Während des Studiums können sich die Studierenden in einer der fünf Studienrichtungen spezialisieren:

- Informationstechnik
- Automatisierungstechnik
- Elektromobilität und Autonome Systeme
- Energietechnik und erneuerbare Energien
- Sensorsystemtechnik

Die Studienrichtung Informationstechnik vertieft die Aspekte der digitalen Verarbeitung von Information, der Schätztheorie, der Informationsübertragung über Radiowellen und optische Systeme sowie der Hochfrequenzsysteme.

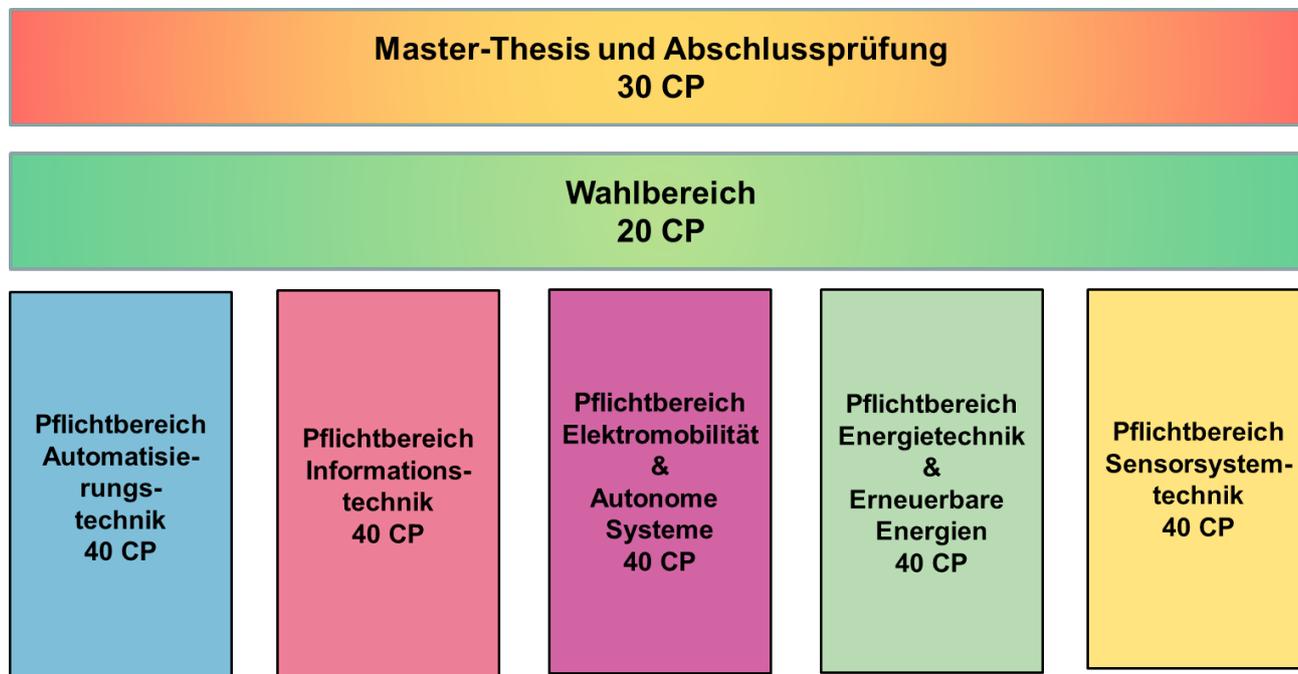
In der Studienrichtung Automatisierungstechnik steht die Automatisierung von Industrieanlagen im Vordergrund. Themen sind hier die Steuer- und Regelungstechnik, Automatisierungssysteme, Prozessinformatik, sowie Aspekte der Sicherheit und Qualitätssicherung.

Die Studienrichtung Energietechnik und erneuerbare Energien legt den Schwerpunkt auf die Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie. Es werden die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wie Wind und Sonne, klassische Kraftwerke und die zur Anwendung kommenden elektrischen Maschinen, sowie die zur Verteilung erforderliche Hochspannungstechnik, die Netz- und Anlagentechnik und intelligente Netze betrachtet.

In der Studienrichtung Sensorsystemtechnik werden die physikalischen und chemischen Phänomene untersucht, die in der Konstruktion von Sensoren zur Anwendung kommen. Ergänzt werden sie durch Aspekte der Umwelttechnologie und der Mikrosystemtechnik.

Die Studienrichtung Elektromobilität und Autonome Systeme befasst sich mit Antriebs-, Steuerungs- und Speichertechnologien elektrischer Fahrzeuge. Da künftige Mobilität zunehmend durch autonome Systeme unterstützt wird, bilden Technologien für die erforderliche Sensorik sowie der Sensordatenverarbeitung einen weiteren Schwerpunkt.

Die Struktur des Masterstudiengangs ist in Abb. 1 dargestellt. Jede Studienrichtung umfasst einen Pflichtbereich im Umfang von 40 Kreditpunkten, einen Wahlbereich im Umfang von 20 Kreditpunkten und zum Ende des Studiums die Master-These, die zusammen mit der Abschlussprüfung einen Umfang von 30 Kreditpunkten hat.



**Abbildung 1 Struktur des Masterstudiengangs**

Die Module des Wahlbereichs können aus den Modulen einer nicht gewählten Studienrichtung ausgewählt werden. Auf Antrag und nach vorheriger Genehmigung durch die Prüfungskommission können im Wahlbereich

reich auch maximal 2 Module aus anderen, verwandten Masterstudiengängen der Hochschule oder von anderen Hochschulen belegt werden. Pro Wahlmodul werden maximal 5 CP anerkannt.

Die in den Pflichtbereichen zu belegenden Module sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Module werden einzügig, wie angegeben im Wintersemester oder im Sommersemester angeboten. Die Prüfungen zu den Modulen können in jedem Semester abgelegt werden. Das Modul Wissenschaftliches Arbeiten, in dem ein Projekt bearbeitet wird, kann sowohl im Wintersemester als auch im Sommersemester durchgeführt werden. Dieses Modul hat in den verschiedenen Vertiefungsrichtungen teilweise unterschiedliche CP-Wertigkeiten, was durch die unterschiedlichen Anforderungen in Bezug auf Umfang und Komplexität des zu bearbeitenden Projekts begründet ist. Die Professoren, die Themen für Projektarbeiten herausgeben, berücksichtigen diese Unterschiede.

Module mit einer englischen Modulbeschreibung können in englischer oder in deutscher Sprache angeboten werden. In der Regel werden sie auf Englisch angeboten. Diese Module sind auch für englischsprachige Studierende von den Partnerhochschulen in Kanada und den USA konzipiert. Die Unterrichtssprache wird rechtzeitig vor Semesterbeginn bekanntgegeben.

WS	Safety and Security in Automation 4 SWS / 5 CP	Signal Theory 4 SWS / 6 CP	Elektrische Antriebe 6 SWS / 7 CP	Elektrische Antriebe 6 SWS / 7 CP	Theoretische Aspekte der Sensorik I / II 8 SWS / 10 CP
	Entwurf und Regelung kollaborativer Robotersysteme 4 SWS / 5 CP	Communication Systems 4 SWS / 5 CP	Switched Mode Power Supplies 4 SWS / 5 CP	Verteilte Energiesysteme 4 SWS / 5 CP	Mikrosysteme 4 SWS / 5 CP
	Betriebsleittechnik 4 SWS / 7 CP	Optical Data Transmission 4 SWS / 5 CP	Radarsysteme 4 SWS / 5 CP	Hochspannungsprüftechnik mit Labor 4 SWS / 8 CP	Physikalische und chemische Sensorik 4 SWS / 5 CP
SS	Prozessinformatik 4 SWS / 5 CP	RF-Systems 4 SWS / 6 CP	Wasserstoff- und Brennstoffzellentechn. 4 SWS / 5 CP	Solare Energienutzung 4 SWS / 5 CP	Bio-, Chemo- und Strahlungssensorik 4 SWS / 5 CP
	Advanced Control 4 SWS / 5 CP	Design and Analysis of Integrated Circuits 4 SWS / 5 CP	Advanced Control 4 SWS / 5 CP	Netzbetrieb und Schaltgeräte 4 SWS / 5 CP	Optische Sensorik 4 SWS / 5 CP
	Design for Six Sigma 4 SWS / 5 CP	Information Theory and Coding 4 SWS / 5 CP	Signalprocessing for autonomous Systems 4 SWS / 5 CP	Seminar Erneuerbare Energien 4 SWS / 5 CP	Umwelttechnologie 4 SWS / 5 CP
	Wissenschaftliches Arbeiten 8 CP	Wissenschaftliches Arbeiten 8 CP	Wissenschaftliches Arbeiten 8 CP	Wissenschaftliches Arbeiten 5 CP	Wissenschaftliches Arbeiten 5 CP
	<b>Pflichtbereich Automatisierungstechnik</b> 24 SWS / 40 CP	<b>Pflichtbereich Informationstechnik</b> 24 SWS / 40 CP	<b>Pflichtbereich Elektromobilität &amp; Autonome Systeme</b> 26 SWS / 40 CP	<b>Pflichtbereich Energietechnik &amp; Erneuerbare Energien</b> 26 SWS / 40 CP	<b>Pflichtbereich Sensorsystemtechnik</b> 28 SWS / 40 CP

Abbildung 2. Pflichtbereiche der fünf Studienrichtungen

## 3 Module

### 3.1 Studienrichtung Informationstechnik

#### 3.1.1 Signal Theory

<b>Module title: Signal Theory</b>
------------------------------------

<b>Module summary</b>
Module code: EITM 110I
Module coordinator: Prof. Dr. Franz Quint
Credits (ECTS): 6 CP workload: in lecture 60 h, independent study time 90 h
Semester: 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> semester
Pre-requisites with regard to content: System Theory, Linear Algebra
Pre-requisites according to the examination regulations: none
Competencies: Upon successful completion, <ul style="list-style-type: none"> <li>• the students are able to discern between measurement and estimation</li> <li>• the students are able to assess the quality of an estimator</li> <li>• the students know the design principles of estimators</li> <li>• the students can design linear estimators with the least-squares cost function</li> <li>• understand the fundamental importance of the Gauß-Markov-theorem</li> <li>• apply the estimation principles to the estimation of spectra</li> <li>• have understood the problems that arise with time windowing</li> <li>• can implement DFT-based spectral estimation methods</li> <li>• can design model-based and subspace based spectral estimators</li> </ul>
Assessment: Assessment is done by either a written exam (120 minutes) or an oral examination (20 minutes). The form of examination will be announced at the beginning of the semester
Usability: <i>General:</i> The module provides the foundations of estimation theory and applies the concepts to the estimation of parameters and the estimation of spectra. <i>Connection with other modules:</i> Estimation theory is one of the key techniques used in modern signal processing and communication systems. However, its applicability is not limited only to the field of electrical engineering, but it is used in any domain of engineering and science.

<b>Course: Parameter Estimation</b>
Module code: EITM 111I
Lecturer: Prof. Dr. Niclas Zeller
Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, winter semester
Type/mode: lecture 2h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester

<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• properties of estimators</li> <li>• cost functions for estimators</li> <li>• principle of minimum mean square error</li> <li>• Gauß-Markov-theorem</li> <li>• implementation of an estimator as FIR-filter</li> </ul>
<p>Recommended reading:</p> <p>K. Kroschel: <i>Statistische Informationstechnik</i>, 4. Auflage, Springer, 2004</p> <p>K.D. Kammeyer, K. Kroschel: <i>Digitale Signalverarbeitung, Filterung und Spektralanalyse</i>, mit MATLAB-Übungen, 6. Auflage, Teubner 2006</p>
<p>Comments: -</p>

<p><b>Course: Spectral Estimation</b></p>
<p>Module code: EITM 112I</p>
<p>Lecturer: Prof. Dr. Franz Quint</p>
<p>Contact hours: by arrangement</p>
<p>Semester of delivery: yearly, winter semester</p>
<p>Type/mode: lecture 2h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program</p>
<p>Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester</p>
<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DFT-based methods of spectral estimation</li> <li>• parametric models for random processes</li> <li>• AR-models, Yule-Walker-equation, Levinson-Durbin-recursion</li> <li>• spectral estimation and prediction</li> <li>• lattice filters, method of Burg</li> <li>• subspace models</li> <li>• methods of Pisarenko, MUSIC, ESPRIT</li> </ul>
<p>Recommended reading:</p> <p>S. M. Kay: <i>Modern Spectral Estimation</i>, Prentice Hall, 1988</p> <p>S. M. Kay: <i>Fundamentals of Statistical Processing, Volume I: Estimation Theory</i>, Prentice Hall, 1993</p> <p>P. Stoica, R. Moses: <i>Spectral Analysis of Signals</i>, Prentice Hall, 2005</p>
<p>Comments: -</p>

### 3.1.2 Communication Systems

**Module title: Communication Systems**

<b>Module summary</b>
Module code: EITM 120I
Module coordinator: Prof. Dr. Manfred Litzenburger
Credits (ECTS): 5 CP workload: in lecture 60 h, independent study time 60 h
Semester: 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> semester
Pre-requisites with regard to content: Knowledge in Systems Theory, Digital Signal Processing, and Digital Communications
Pre-requisites according to the examination regulations: none
<p>Competencies: After having successfully completed the course, the students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• know principles and performance of advanced signal processing algorithms in modern digital communication systems like adaptive equalisation, optimum sequence detection, and multi-antenna processing</li> <li>• understand the mathematical principles and the importance of adaptive optimisation for efficient digital signal transmission</li> <li>• are able to apply these principles to adaptive systems like equalisers, smart antennas and adaptive MIMO-schemes</li> <li>• understand the architectural principles and components of modern digital communication systems</li> <li>• are able to design critical building blocks in the digital frontend of a communication device like filters, decimators / interpolators, and converters</li> <li>• can assess and quantify the computational complexity of these functional building blocks</li> <li>• know the motivation and the background of software-defined radios and the roads towards their realisation in actual communication systems</li> </ul>
<p>Assessment:</p> <p>Assessment is done by either a written exam (90 minutes) or an oral examination (20 minutes). The form of examination will be announced at the beginning of the semester</p>
<p>Usability:</p> <p><i>General:</i> The module provides theoretical background and practical knowledge on advanced schemes for adaptive signal processing algorithms in digital transmission systems as well as architectural principles and functional building blocks of modern digital transmitters / receivers.</p> <p><i>Connection with other modules:</i> Based on knowledge in digital modulation and digital signal processing techniques, this module introduces specific algorithms for signal processing in communication systems and basic architectures for communication devices. Complementary to the module "RF-Instrumentation" which focuses on analog RF-frontends, this module concentrates on the digital part of the communication system, including A/D- and D/A-converters as the interface between these two domains. Information theoretical aspects and error correction coding are covered by the module "Information Theory and Coding".</p>

<b>Course: Architecture of Communication Systems</b>
Module code: EITM 121I
Lecturer: Prof. Dr. Manfred Litzenburger

Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, winter semester
Type/mode: lecture 2h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
Content: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmitter- and receiver architectures, digital frontends</li> <li>• Digital down- and up- conversion</li> <li>• Multi-rate signal processing</li> <li>• Direct digital synthesis (DDS)</li> <li>• A/D- and D/A- converters in communication systems</li> <li>• Software Defined Radio</li> </ul>
Recommended reading: <p>F. Harris: <i>Multirate Signal Processing for Communication Systems</i>, Prentice-Hall, 2004  J. Reed: <i>Software Radios. A modern approach to Radio Engineering</i>, Prentice Hall, 2002  J. Mitola: <i>Software Radio Architecture</i>, Wiley, 2001  A. Oppenheim, R. Schafer, J. Buck: <i>Discrete-Time Signal Processing</i>, Prentice-Hall, 1999  J. Proakis: <i>Digital Communications</i>, McGraw Hill, New York, 5. Ed., 2008  K. D. Kammeyer: <i>Nachrichtenübertragung</i>, Teubner, Stuttgart, 5. Aufl. 2011  Data Sheets and Application Notes of current integrated circuits for digital communication systems</p>
Comments: -

<b>Course: Signal Processing in Communication Systems</b>
Module code: EITM 122I
Lecturer: Prof. Dr. Manfred Litzenburger
Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, winter semester
Type/mode: lecture 2h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
Content: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptive filters und equalisation</li> <li>• Maximum-likelihood detection</li> <li>• Channel estimation / System identification</li> <li>• Multi - antenna algorithms (smart antennas, beamforming, MIMO-schemes)</li> </ul>
Recommended reading: <p>S. Haykin: <i>Adaptive Filter Theory</i>, Prentice Hall  A. Oppenheim, R. Schafer, J. Buck: <i>Discrete-Time Signal Processing</i>, Prentice-Hall  J. Proakis: <i>Digital Communications</i>, McGraw Hill, New York  K. D. Kammeyer: <i>Nachrichtenübertragung</i>, Teubner, Stuttgart  D. Tse, P. Viswanath: <i>Fundamentals of Wireless Communication</i>, Cambridge University Press</p>
Comments: -

### 3.1.3 Optical Data Transmission

#### Module title: Optical Data Transmission

Module summary
Module code: EITM 130I
Module coordinator: Prof. Dr. Manfred Litzenburger
Credits (ECTS): 5 CP workload: in lecture/lab 60 h, independent study time 90 h
Semester: 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> semester
Pre-requisites with regard to content: Communication Theory, Optics, Solid State Physics
Pre-requisites according to the examination regulations: none
<p>Competencies: Upon successful completion,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>the students know the most important components of optical data transmission systems</li> <li>the students are able to design optical data transmission systems for various fields of application</li> <li>the students can calculate the theoretical behavior of optical data transmission systems</li> <li>the students know how to measure all relevant parameters of optical data transmission systems</li> </ul> <p>the students are able to optimize optical communication links regarding optimum performance and cost</p>
<p>Assessment:</p> <p>Assessment is done by either a written exam (90 minutes) or an oral examination (20 minutes). The form of examination will be announced at the beginning of the semester</p>
<p>Usability:</p> <p><i>General:</i> The module imparts knowledge of optoelectronics, communications and solid state physics. Optoelectronic components and their relevant features are discussed and based on that the realization of state of the art optical data transmission systems with an analysis of their characteristic problems and potentials follows.</p> <p><i>Connection with other modules:</i> Optical data transmission requires a comprehensive background in communications, signal theory and solid state physics which is provided by corresponding modules of this master's program. However, the module Communication Systems of this master's program is complemented by this module and the practical experience in optical data transmission systems and components which the students gain during their lab projects.</p>

Course: Lecture Optical Data Transmission
Module code: EITM 131I
Lecturer: Prof. Dr. Ulrich Grünhaupt
Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, winter semester
Type/mode: lecture 2h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Optical Fiber Basics</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optical Emitters, modulators, detectors and amplifiers (EDFA)</li> <li>• Fiber Optic Measurement Techniques</li> <li>• WDM technology and coherent transmission</li> <li>• Noise, dispersion penalty and bit error rate in optical links</li> <li>• Nonlinearities and impairments in fiber systems</li> </ul>
<p>Recommended reading:            Course manuscript            Brückner, Volkmar: <i>Elemente optischer Netze: Grundlagen und Praxis der optischen Datenübertragung</i>, Vieweg+Teubner, 2011            Reider, G. A.: <i>Photonik</i>, Springer, 2013            Keiser, Gerd: <i>Optical Fiber Communications</i>, McGraw Hill, 2010            Agrawal, Govind P.: <i>Fiber-Optic Communication Systems</i>, John Wiley, 2010            Kaminow, Ivan P.; Li, Tingye; Willner, Alan E.: <i>Optical Fiber Telecommunications V1b: Systems and Networks (Optics and Photonics)</i>, Academic Press, 2013</p>
<p>Comments: -</p>

<p><b>Course: Lab Optical Data Transmission</b></p>
<p>Module code: EITM 132I</p>
<p>Lecturer: Prof. Dr. Ulrich Grünhaupt</p>
<p>Contact hours: by arrangement</p>
<p>Semester of delivery: yearly, winter semester</p>
<p>Type/mode: lab 2h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program</p>
<p>Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester</p>
<p>Content: Practical experiments on the topics of the corresponding lecture</p>
<p>Recommended reading:            see corresponding lecture</p>
<p>Comments: -</p>

### 3.1.4 Information Theory and Coding

#### Module title: Information Theory and Coding

Module summary
Module code: EITM 210I
Module coordinator: Prof. Dr. Franz Quint
Credits (ECTS): 5 CP workload: in lecture 60 h, independent study time 90 h
Semester: 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> semester
Pre-requisites with regard to content: Knowledge in Systems Theory and Linear Algebra
Pre-requisites according to the examination regulations: none
Competencies: Upon successful completion, <ul style="list-style-type: none"> <li>• the students know the most important source coding procedures</li> <li>• the students know the most widely used channel coding procedures</li> <li>• the students are able to design codes suited for given communication channels</li> <li>• the students are able to implement decoding algorithms</li> <li>• the students are able to analyse communication links from information-theoretical point of view</li> <li>• the students are able to assess the impact of coding on communication links</li> <li>• the students have expanded their mathematical abilities to finite fields</li> </ul>
Assessment: Assessment is done by either a written exam (90 minutes) or an oral examination (20 minutes). The form of examination will be announced at the beginning of the semester
Usability: <i>General:</i> This module provides the information-theoretical foundations of systems for data transmission and storage. The two theorems of Claude Shannon serve as the starting point to a precise mathematical description of information, source and channel coding. <i>Connection with other modules:</i> Information theory requires a sound mathematical background. Shannon's theorems allow to analyse communication systems from an information-theoretic view point. Thus, this module complements the module Communication Systems of the master's program. The module Information theory however doesn't deal with physical properties of communication channels, but puts emphasis on statistical channel models and uses well-known techniques of digital signal processing, like DFT or Viterbi algorithm on finite fields.

Course: Information Theory and Coding
Module code: EITM 210I
Lecturer: Prof. Dr. Franz Quint
Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, summer semester
Type/mode: lecture 4h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
Content:

- information, entropy
- source coding: arithmetic code and Huffman-code
- discrete channel models
- channel capacity, Shannon's theorems, Shannon-Hartley-channel-capacity
- bandwidth efficiency, error probability
- Galois-fields and extension fields
- design, coding and decoding of Reed-Solomon-codes
- design, coding and decoding of BCH-codes
- analysis coding and decoding of convolutional codes
- code concatenation and interleaving
- generalized code concatenation and coded modulation

Recommended reading:

M. Bossert: *Kanalcodierung*, Oldenbourg, München, 2013

B. Friedrichs: *Kanalcodierung*, Springer, 1996

W. Ryan, S. Lin: *Channel Codes: Classical and modern*, Cambridge University Press, 2009

R. Blahut: *Theory and Practice of Error Control Codes*, Addison Wesley, 1983

S. Lin, D. Costello: *Error Control Coding, Fundamentals and Applications*, Prentice-Hall, 1983

B. Sklar: *Digital Communications, Fundamentals and Applications*, Prentice Hall, 2001

Comments: -

### 3.1.5 Design and Analysis of Integrated Circuits

#### Module title: Design and Analysis of Integrated Circuits

Module summary
Module code: EITM 220I
Module coordinator: Prof. Dr. Herman Jallli Ng
Credits (ECTS): 5 CP workload: in lecture 60 h, independent study time 90 h
Semester: 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> semester
Pre-requisites with regard to content: Electronics, high-frequency techniques
Pre-requisites according to the examination regulations: none
Competencies: Upon successful completion the students, <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn about modern semiconductor technologies that enable the implementation of highly integrated circuits</li> <li>• become highly proficient in advanced circuit techniques and high-frequency basics</li> <li>• are able to design and analyze various integrated circuit blocks using transistors and other semiconductor devices</li> <li>• know how to calculate all design parameters of the circuits</li> <li>• are able to optimize the performance of circuit blocks regarding gain, noise, stability, dynamic range, efficiency and total power consumption</li> </ul>
Assessment: Assessment is done by either a written exam (120 minutes) or an oral examination (20 minutes). The form of examination will be announced at the beginning of the semester
Usability: <i>General:</i> The module imparts knowledge of semiconductor technologies, microelectronics circuits, advanced transistor-level design techniques, integrated circuit building blocks and transceiver architectures. Critical design parameters of the integrated circuit building blocks are discussed and the optimization methods are introduced. Examples of highly integrated transceivers, high-frequency systems, various fully-integrated building blocks on transistor-level are presented in this module. <i>Connection with other modules:</i> Design and Analysis of Integrated Circuits require a comprehensive background in fundamental of electrical engineering as well as profound knowledge in electronic and semiconductor components as well as basic transistor circuits. Proficiency in high-frequency techniques are also required.

Course: Design and Analysis of Analog ICs
Module code: EITM 221I
Lecturer: Prof. Dr. Herman Jalli Ng
Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, summer semester
Type/mode: lecture 2h/week; mandatory in the study field Information Technology, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester

<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Circuit Techniques</li> <li>• Review of Amplifiers</li> <li>• Frequency Response of Amplifiers</li> <li>• Noise</li> <li>• Feedback</li> <li>• Operational amplifiers</li> <li>• Oscillators</li> <li>• Phase-Locked Loops</li> </ul>
<p>Recommended reading:  Razavi B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGraw Hill Education, 2015  Baker R.J.: CMOS Circuit Design, Layout and Simulation, Wiley-IEEE, 2010</p>
<p>Comments: -</p>

<p><b>Course: Design and Analysis of RF ICs</b></p>
<p>Module code: EITM 222I</p>
<p>Lecturer: Prof. Dr. Herman Jalli Ng</p>
<p>Contact hours: by arrangement</p>
<p>Semester of delivery: yearly, summer semester</p>
<p>Type/mode: lecture 2h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program</p>
<p>Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester</p>
<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transceiver Architectures</li> <li>• High-Frequency Devices</li> <li>• S-Parameters and Impedance Matching</li> <li>• Low-Noise Amplifiers</li> <li>• Power Amplifiers</li> <li>• Mixers</li> <li>• Voltage-Controlled Oscillator</li> </ul>
<p>Recommended reading:  Voinigescu S.: High-Frequency Integrated Circuits, The Cambridge RF and Microwave Engineering Series, 1st edition, 2013  Razavi B.: RF Microelectronics, Prentice Hall, 2011  Ellinger F.: Radio Frequency Integrated Circuits and Technologies, Springer, 2007</p>
<p>Comments: -</p>

### 3.1.6 RF Systems

#### Module title: RF Systems

Module summary
Module code: EITM 230I
Module coordinator: Prof. Dr. Serdal Ayhan
Credits (ECTS): 6 CP workload: in lecture 90 h, independent study time 90 h
Semester: 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> semester
Pre-requisites with regard to content: RF-Technique, Semiconductors
Pre-requisites according to the examination regulations: none
Competencies: Upon successful completion, <ul style="list-style-type: none"> <li>• the students know how modern measurement equipment works</li> <li>• the students can estimate the limits of modern RF measurement equipment</li> <li>• the students are able to operate modern RF measurement equipment even under challenging conditions</li> <li>• the students know how RF waves are propagating under terrestrial conditions</li> <li>• the students can design modern communication receivers</li> <li>• the students can estimate benefits and malfits of different receiver design architectures</li> </ul>
Assessment: Assessment is done by a written exam including exercises at the measurement equipment (90 minutes) and an oral examination (20 minutes).
Usability: <i>General:</i> The module provides an overview over todays RF application and measurement problems. It is definitely not the goal to present a paradise of well-functioning equipment in a world of lucky engineers. Instead, real world problems and real world limits are presented. The students are to overcoming limits towards new RF-shores. That is what it takes to develop new equipment in a competitive world. <i>Connection with other modules:</i> The module RF technique in the bachelor course presents the theoretical background within ideal conditions. Noise, fading and intermodulation are effects to be neglected. These subjects are now treated. In addition, students learn how to correctly measure all the effects learned in RF-technique.

Course: RF Systems
Module code: EITM 231I
Lecturer: Prof. Dr. Serdal Ayhan
Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, summer semester
Type/mode: lecture 2h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
Content: <ul style="list-style-type: none"> <li>• noise - description, reasons, noise figure, calculation of noise figures, simulation of stationary noise</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• non-linear small signal theory, 2nd order and 3rd order intercept-point, calculation and simulation of intercept points</li> <li>• principles of receiver design (straight through receiver up to superheterodynamic design, direct conversion receivers)</li> <li>• mixer stages. Ideal and non-ideal behaviour of mixers, intermodulation in mixer stages, noise conversion</li> <li>• propagation of radio waves (atmospheric noise, cosmic noise, ionospheric reflection, multipath and fading effects)</li> </ul>
<p>Recommended reading:</p> <p>N.N.: <i>Spectrum Analysis Basics</i>, Agilent Application Note 150, August 2006</p> <p>N.N.: <i>Making Spectrum Measurements with Rohde &amp; Schwarz Network Analyzers</i>, Rohde&amp;Schwarz Application Note, January 2012</p> <p>Christoph Rauscher: <i>Grundlagen der Spektrumanalyse</i>, Rohde &amp; Schwarz GmbH, München, 2. Auflage, 2004</p> <p>Robert A. White: <i>Spectrum and Network Measurements</i>, Prentice Hall, Englewood Hills, New Jersey, 1991, ISBN 0-13-826959-0</p> <p>Ovidiu Stan: <i>High Power RF Instrumentation Techniques: Design Considerations for High Accuracy</i>, High Power RF Instrumentation, Vdm Verlag Dr. Müller, 2008. ISBN 383647414X</p> <p>Greiner, Günther: <i>Funktechnik</i>. Fachverlag Schiele und Schön, Berlin, 1990, ISBN 3-7949-0519-9B</p> <p>Schieck, Burkhard: <i>Grundlagen der Hochfrequenz-Messtechnik</i>, Springer-Verlag, 1999, ISBN 3540649301</p> <p>M. Thumm, W. Wiesbeck, S. Kern: <i>Hochfrequenz-Messtechnik</i>, Teubner-Verlag, ISBN 3519163608</p> <p>Gerdson, Peter: <i>Hochfrequenz-Messtechnik</i>, Teubner-Verlag 351900092X</p> <p>Voges, E.: <i>Hochfrequenztechnik, Bd. 1.</i>, Hüthig-Verlag, Heidelberg, 1986, ISBN 3-7785-1269-2</p> <p>Pietsch, Hans-Joachim: <i>Kurzwellen-Amateurfunktechnik</i>, Franzis-Verlag 1979. ISBN 3-7723-6591-4</p> <p>Comments: -</p>

<b>Course: RF Instrumentation</b>
Module code: EITM 232I
Lecturer: Prof. Dr. Serdal Ayhan
Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, summer semester
Type/mode: lecture and lab 2h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
<p>Content:</p> <p><i>Lecture RF-Instrumentation:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• use of oscilloscopes in the field of RF</li> <li>• spectrum analyser (what is inside, how it works and how it is to operate)</li> <li>• RF-signal generators (what is inside, how it works and how it is to operate, especially in terms of phase noise)</li> <li>• network-analyser (what is inside, how it works and how it is to operate, especially in terms of the calibration process)</li> <li>• measurement of noise figures</li> </ul> <p><i>Laboratory RF-Instrumentation:</i></p>

- CAD in the field of RF (simulation of real transfer functions, noise figures and intercept-points)
- FM-receiver (single signal characteristic, blocking behaviour, intermodulation behaviour, adjacent channel rejection, image rejection)
- network analyzer
- mixer stages (Gilbert Cell mixer, Diode Mixer and a new type of mixer, called “Kafemix”, is compared in terms of gain, LO-rejection, intermodulation behaviour)
- LC-Oscillator (students have to select an oscillator circuit, compute the oscillation conditions, simulate the oscillation and finally build it up and align it)

Recommended reading:

See above

Comments: -

## 3.2 Studienrichtung Automatisierungstechnik

### 3.2.1 Betriebsleittechnik

#### Modulname: Betriebsleittechnik

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 230A
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Philipp Nenninger
Modulumfang (ECTS): 7 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 150 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: gute Kenntnisse der Automatisierungstechnik
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls: <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Studierenden die Begrifflichkeiten und die Anforderungen des derzeit ablaufenden Paradigmenwechsels in der Produktionsautomatisierung</li> <li>• sind die Studenten in der Lage, Informationsflüsse einer Anlage mit Kommunikationstechnologien zu konzipieren und auch praktisch zu realisieren</li> <li>• kennen die Studierenden grundlegende Funktionen eines Manufacturing-Executions-Systems</li> <li>• sind die Studenten in der Lage, diskrete, kontinuierliche sowie Chargenprozesse zu modellieren und automatisieren</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, Produktionsplanungswerkzeuge einzusetzen</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 120 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 20 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Ziel des Moduls ist die Erweiterung von automatisierungstechnischen Kenntnissen in Richtung vertikaler und horizontaler Integrationsprozesse der Produktionsautomatisierung. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Im Unterschied zu klassischen Modulen der Automatisierungstechnik steht hier die ganzheitliche Sicht auf Produktions- und Geschäftsprozesse im Informationsverbund eines Unternehmens im Vordergrund.

Lehrveranstaltung: Integrierte Produktionsautomatisierung
EDV-Bezeichnung: EITM 231A
Dozent/in: Prof. Dr. Philipp Nenninger
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Automatisierungstechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminologie nach IEC 62264</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrationstechnologien: OPC, DCOM, ActiveX</li> <li>• Schnittstellen und Integration von Prozessleitsystemen und Fertigungsleitsystemen</li> <li>• Komponentenorientierte Fertigungsleitsysteme</li> <li>• Agentenorientierte Fertigungsleitsysteme</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Früh, K.; Schaudel, D.; Urbas, L.; Tauchnitz, T.: <i>Handbuch der Prozessautomatisierung</i> , VDE-Verlag, 2018
Schuler, H.; Birk, J.; Fischer, M.: <i>Prozessführung</i> , Oldenbourg, 2000
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Produktionsplanung und -steuerung</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 232A
Dozent/in: Prof. Dr. Philipp Nenninger
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Automatisierungstechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktionsplanung</li> <li>• Modellierung und Steuerung von Chargenprozessen</li> <li>• Rezeptfahrweisen</li> <li>• Modellierung und Regelung von kontinuierlichen Prozessen</li> <li>• Modellierung und Regelung von diskreten Prozessen</li> <li>• Materialfluss-Steuerung</li> <li>• Simulation und Optimierung des Produktionsbetriebes</li> <li>• Produktionsrelevante Aspekte hinsichtlich Nachhaltigkeit und Qualitätssicherung</li> <li>• Warteschlangentheorie, Scheduling</li> </ul>
Empfohlene Literatur: siehe oben
Anmerkungen: -

### 3.2.2 Entwurf und Regelung kollaborativer Robotersysteme

#### Modulname: Entwurf und Regelung kollaborativer Robotersysteme

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 120A
Modulverantwortlicher: Prof. Dr. Daniel Braun
Modulumfang (ECTS): 5 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. Semester (Winter)
Inhaltliche Voraussetzungen: Robotik, Automatisierungstechnik hilfreich, Safety and Security in Automation hilfreich
Voraussetzungen nach SPO: keine
<p>Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind die Studierenden mit den verschiedenen Ausprägungen der Mensch-Roboter-Kollaboration vertraut</li> <li>• kennen die Studierenden die typischen Herausforderungen bei kollaborierenden Robotersystemen</li> <li>• kennen die Studierenden die relevanten Normen und Vorschriften für den Einsatz von Systemen mit Mensch-Roboter-Kollaboration</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, eine Gefährdungsanalyse für bestehende Systeme zu erstellen und passende Maßnahmen für einen sicheren Betrieb in Kollaboration vorzuschlagen</li> <li>• sind die Studierenden mit verschiedenen externen und Roboter-integrierten Lösungen zur Absicherung von kollaborierenden Robotern vertraut und kennen deren Eigenschaften im Einsatz</li> <li>• kennen die Studierenden verschiedene Ansätze zur Regelung von Industrierobotern und kollaborierenden Robotern und können deren Eigenschaften im Einsatz einschätzen</li> <li>• besitzen die Studierenden einen Überblick über verschiedene sicherheitsgerichtete Aspekte bei der Regelung von kollaborierenden Robotern</li> <li>• können die Studierenden ein Sicherheitskonzept für bestehende Roboterapplikationen analysieren und praktisch umsetzen</li> <li>• sind die Studierenden vertraut mit der Hochsprachen-Programmierung von kraftgeregelten Robotern</li> <li>• haben die Studierenden Roboterapplikationen mit Kraft-Moment-Regelung und Sicherheitsfunktionalitäten praktisch umgesetzt</li> <li>• haben die Studierenden erstellte kollaborative Roboterapplikationen bezüglich der Sicherheit und Funktionalität dokumentiert</li> </ul>
<p>Prüfungsleistungen:</p> <p>Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 120 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 20 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.</p>
<p>Verwendbarkeit:</p> <p><i>Allgemein:</i> Ziel des Moduls ist es, ein Verständnis für die speziellen Herausforderungen der kolla-</p>

borativen Robotik zu erreichen. Darauf aufbauend sollen die Studierenden in die Lage versetzt werden, bestehende Roboterapplikationen bezüglich Mensch-Roboter-Kollaboration zu bewerten und ggf. geeignete Sicherheitsmaßnahmen vorzuschlagen. Des Weiteren sollen auch Regelungsalgorithmen für die Mensch-Roboter-Kollaboration bekannt und ihre Eigenschaften verstanden sein. Mit dem erfolgreichen Abschluss des Moduls ist auch die praktische Anwendung der theoretischen Kenntnisse auf verschiedenen Systemen verbunden.

*Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:* Übergreifende Sicherheitsaspekte für Gesamtautomatisierungsanlagen werden im Modul Safety and Security in Automation behandelt und sind nicht Gegenstand dieses Moduls. Die relevanten Aspekte für die Robotik werden vertieft behandelt und praktisch eingesetzt. Grundkenntnisse in Robotik werden vorausgesetzt und im Modul lediglich kurz angerissen.

<b>Lehrveranstaltung: Entwurf und Regelung kollaborativer Robotersysteme</b>
EDV-Bezeichnung: EITMW 01
Dozent/in: Prof. Dr. Daniel Braun
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Automatisierungstechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Automatisierung mit Robotern und Mensch-Roboter-Kollaboration</li> <li>• Anforderungen an kollaborierende Robotersysteme</li> <li>• Betriebsgefahren beim Umgang mit Robotern</li> <li>• Relevante Vorschriften und Normen</li> <li>• Sicherheitsbetrachtung von Robotersystemen</li> <li>• Externe Absicherung von Mensch-Roboter-Kollaboration</li> <li>• Ansätze für spezielle MRK-Roboter und Lösungen</li> <li>• Regelung von Robotersystemen</li> <li>• Kraft- und Momentregelung von Robotersystemen</li> <li>• Sicherheitsaspekte bei der Regelung</li> </ul>
Empfohlene Literatur: <i>Siciliano, B.; Khatib, O. Handbook of Robotics, Springer 2016</i> <i>Sciavicco, L., Siciliano B. Modelling and Control of Robot Manipulators, Springer 2001</i>
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Labor kollaborative Robotersysteme</b>
EDV-Bezeichnung: EITMW 02
Dozent/in: Prof. Dr. Daniel Braun
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Labor; Wahlmodul für alle Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte:

- Analyse der Sicherheitssysteme in bestehenden Roboterapplikationen
- Risikoanalyse und Vorschlag von Maßnahmen für Roboterapplikation mit verschiedenen Graden von Mensch-Roboter-Kollaboration
- Erstellung und Evaluierung von Sicherheitskonfigurationen für Robotersysteme
- Implementierung von Roboterapplikationen mit KUKA Sunrise
- Werkzeugauswahl und Vermessung, Einfluss von Objekten in der Handhabung
- Erstellung von Kraft-/Moment-geregelten Roboterapplikationen
- Verwendung von umschaltbaren Kraft- und Momentüberwachungsfunktionen
- Risikoanalyse und Dokumentation einer der erstellten Lösung

Empfohlene Literatur: *siehe zugehörige Vorlesung*

Anmerkungen: -

### 3.2.3 Safety and Security in Automation

#### Modulname: Safety and Security in Automation

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 130A
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr.-Ing. Dirk Feßler
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Automatisierungstechnik, Wahrscheinlichkeitstheorie, Digitale Signalverarbeitung
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind die Studierenden vertraut mit den Begriffen Sicherheit, Safety sowie Security, können diese unterscheiden und auftretende Fragestellungen den verschiedenen Themengebieten zuordnen</li> <li>• sind den Studierenden die relevanten Vorschriften und europäischen Sicherheits-Richtlinien sowie die heutigen Strategien der Sicherheitstechnik bekannt</li> <li>• kennen die Studierenden die Norm IEC 61508</li> <li>• haben sich die Studierenden mit den Methoden der Gefahrenanalyse, wie beispielsweise der FEMA oder FTA, auseinandergesetzt</li> <li>• können die Studierenden die Methoden der Risikoanalyse anwenden</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage den Sicherheits-Integritätslevel (SIL) nach IEC 61508 zu bestimmen</li> <li>• lernen die Studierenden die verschiedenen Sicherheitssystemarchitekturen bzw. -strukturen und -diversitäten aufgrund eventueller Common Cause Failures (CCF) kennen</li> <li>• können die Studierenden für vorgegebene Anlagenstrukturen die Hardware-Fault-Tolerance (HFT) ermitteln</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, Sicherheitskenngrößen, wie beispielsweise Ausfallrate <math>\lambda</math>, Safe Failure Fraction (SFF), Diagnostic Coverage (DC), Probability of dangerous Failure on Demand (PFD) sowie Probability of dangerous Failure per Hour (PFH), zu berechnen</li> <li>• kennen die Studierenden die Safety-Requirements-Specification für sichere Software-Entwicklung</li> <li>• sind die Studierenden mit den heutigen Architekturen und verwendeten Kommunikationsprotokollen in der Automatisierungstechnik vertraut</li> <li>• haben sich die Studierenden mit der Problematik Sicherheit von Produktionsanlagen und den aktuell umgesetzten Sicherheitsarchitekturen auseinandergesetzt</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, Schwachstellen in einer Automatisierungsanlage zu bewerten und Maßnahmen für zusätzliche Security zu erarbeiten</li> <li>• lernen die Studierenden verschiedene Verschlüsselungsmethoden kennen und beurteilen</li> <li>• sind die Studierenden mit verschiedenen Netzwerkprotokollen vertraut und können deren Einfluss auf Sicherheit bewerten</li> <li>• haben sich die Studierenden mit verschiedenen Firewall- und Hardware-Technologien beschäftigt</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>kennen die Studierenden unterschiedliche Methoden zur Absicherung der „Security-Qualität“ in der Entwicklung und im Test.</li> </ul>
<b>Prüfungsleistungen:</b> Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 120 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 20 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit:</b> <i>Allgemein:</i> Ziel des Moduls ist es, das Verständnis für die "Funktionale Sicherheit (FuSi)" zu wecken und Schutz vor Gefährdung durch inkorrekte Funktionen zu erreichen. Die Gefährdungslage in der globalen Datenkommunikation zu vermitteln und Strategien zur Vermeidung von Sicherheitslücken aufzuzeigen. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Die elektrische Sicherheit, die Eigensicherheit (Schutz vor Explosionen) und die Feuer- sowie Strahlensicherheit sind nicht Lehrgegenstand dieses Moduls. Ebenso sind die konkreten Implementierungen und Hardware-Komponenten nicht mit eingeschlossen.

<b>Lehrveranstaltung: Safety in Automation</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 131A
Dozent/in: Prof. Dr.-Ing. Dirk Feßler
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für die Studienrichtung Automatisierungstechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs
Lehrsprache: Deutsch
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Begriffsbestimmungen zur Funktionalen Sicherheit (FuSi)</li> <li>Aufgaben von Berufsgenossenschaften und TÜV</li> <li>Gesetze, Richtlinien und Normen</li> <li>neue Normenlandschaft: IEC 61508</li> <li>Sicherheits-Lebenszyklus für Hard- und Software</li> <li>Gefahren- bzw. Risikoanalyse und Risikominderung nach SIL</li> <li>Sicherheitsbezogene Steuerungen</li> <li>Strukturen und Hardware Fault Tolerance (HFT)</li> <li>Fehler-Klassifizierung</li> <li>Ausfallraten und Quantifizierung</li> <li>Safe Failure Fraction (SFF) und Diagnostic Coverage (DC)</li> <li>Probability of dangerous Failure on Demand (PFD) und Probability of dangerous Failure per Hour (PFH)</li> </ul>
<b>Empfohlene Literatur:</b> Wratil, P.; Kieviet, M.: „Sicherheitstechnik für Komponenten und Systeme“, VDE-Verlag, 2010 Börcsök, J.: „Funktionale Sicherheit“, VDE-Verlag, 2015
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Security in Automation</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 132A
Dozent/in: Dipl.-Ing. Jürgen Bieber
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester

<p>Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für die Studienrichtung Automatisierungstechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs</p>
<p>Lehrsprache: Deutsch</p>
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stand der Normung, Gremien</li> <li>• Netzwerk-Grundlagen in der Automatisierungstechnik</li> <li>• Client/Server-Konzepte</li> <li>• Sicherheitsarchitektur in der Automatisierung</li> <li>• Defense in Depth-Strategie</li> <li>• Physikalische / Organisatorische Security</li> <li>• Netzwerkprotokolle und Firewalls</li> <li>• Sichere Kommunikation über ein unsicheres Netzwerk</li> <li>• Verschlüsselungsmethoden / Cypher Techniken</li> <li>• Qualitäts- und Testkonzepte für Security in der Software-Entwicklung</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Anderson, Ross J.: „<i>Security Engineering</i>“, John Wiley&amp;Sons, 2011</p> <p>Boudriga, N.; Hamdi, M.: „<i>Security Engineering Techniques and Solutions for Information Systems</i>“, Idea Group Reference, 2013</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.2.4 Prozessinformatik

Modulname: Prozessinformatik
<b>Modulübersicht</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 210A
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Marianne Katz
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlagen Automatisierungstechnik; Grundlagen der Elektrotechnik, Digitale Signalverarbeitung, Informatik, Grundlagen Bussysteme
Voraussetzungen nach SPO: keine
<p>Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, mit Hilfe moderner Engineering-Systeme Feldgeräte und ihre vorgegebenen Gerätefunktionalitäten in einen physikalisch-technischen Prozess eines Automatisierungssystems abzubilden und über ein geeignetes Feldbussystem zu integrieren. Insbesondere</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen sie moderne Schnittstellensprachen wie z.B. XML und Derivate</li> <li>• verstehen sie die Profilbildung bei Feldgeräten als Methode der Standardisierung</li> <li>• sind sie in der Lage, abstrakte Geräte-Beschreibungen zu interpretieren bzw. selber zu erstellen.</li> <li>• verstehen die Studierenden die Funktionsweise der HMI aus biologischer, physikalischer und kognitionspsychologischer Sicht</li> <li>• kennen die Studierenden die grundlegenden Anforderungen an die HMI aus Normen und der Usability-Forschung</li> <li>• können die Studierenden selbst Grafische Dialogsysteme aufbauen und zur Prozessvisualisierung anwenden</li> </ul>
<p>Prüfungsleistungen:</p> <p>Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 120 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 20 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.</p>
<p>Verwendbarkeit:</p> <p><i>Allgemein:</i> Ziel dieses Moduls ist es, die Studierenden sowohl mit der Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) als auch mit der Schnittstelle zwischen Prozess- und Automatisierungssystem über Feldbusse vertraut zu machen.</p> <p><i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Dieses Modul stützt sich auf zwei Schwerpunkte:</p> <p>Im Schwerpunkt "Feldbussysteme" wird basierend auf grundlegenden Kenntnissen der industriellen Kommunikationstechnik die anwendungsorientierte Geräte-System-Integration behandelt. Im Mittelpunkt steht die Gestaltung moderner Feldbus-Geräteschnittstellen, die mit Hilfe geeigneter informationstechnischer Methoden eine Einbindung der Feldgeräte-Funktionalität in übergeordnete Systeme (Prozessvisualisierung, Engineering) ermöglicht.</p> <p>Im Schwerpunkt "Prozessvisualisierung" stehen die Abbildung technischer Prozesse auf grafische Bedien- und Beobachtungs-Oberflächen im Vordergrund. Die Abbildung auf konkrete Automatisierungsrechner und der Entwurf der entsprechenden Programme ist nicht Gegenstand dieses Moduls</p>

<b>Lehrveranstaltung: Prozessvisualisierung</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 211A
Dozent/in: Dr.-Ing. Jürgen Bieber
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Automatisierungstechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normen und Richtlinien</li> <li>• Kognitions-, Handlungs- und Kommunikationsprozesse</li> <li>• Ein- und Ausgabegeräte</li> <li>• Grafische Interaktionselemente</li> <li>• Spezielle Anforderungen aus der Prozessautomatisierung</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Früh, Maier, Schudel: <i>Handbuch der Prozessautomatisierung</i> , Oldenbourg, 2009 Schuler, Hans: <i>Prozessführung</i> , Oldenbourg, 2000 Charwat, H.J.: <i>Lexikon der Mensch-Maschine-Kommunikation</i> , Oldenbourg, 1994 Banyard, P. et al.: <i>Einführung in die Kognitionspsychologie</i> , Ernst-Reinhardt-Verlag 1995 Dahm, M.: <i>Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion</i> , Pearson Studium 2006 Norman, Donald: <i>The Design of Everyday Things</i> , MIT Press, 1988
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Feldebussysteme</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 212A
Dozent/in: Prof. Dr. Marianne Katz
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Automatisierungstechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anforderungen des Engineerings (Planung, Aufbau, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung) an Feldebussysteme</li> <li>• Kommunikationstechnik-Anforderungen in den höheren Schichten und darüber hinaus in der Anwendung</li> <li>• Gerätebeschreibungssprachen, wie z.B. GSDL (General Device Description Language), EDDL (Electronic Device Description Lang.)</li> <li>• Schnittstellen-Technologien wie z.B. XML, FDI</li> <li>• Profilbildung: Allgemeine Profile (Zeitstempel, Datentypen u.a.), Spezielle Profile, z.B. für Diagnose-Systeme, Redundanz u.a.</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Reißenweber, B.: <i>Feldebussysteme zur industriellen Kommunikation</i> , Deutscher Industrieverlag 2009 Scherff, B., Haese, E., Wenzek, H.R.: <i>Feldebussysteme in der Praxis</i> , Springer London, Limited, 2012 Simon, R.: <i>Field Device Tool - FDT Spezifikation. Die universelle Feldgeräteintegration</i> , Oldenbourg Verlag 2005 Riedl, M., Naumann, F.: <i>EDDL Electronic Device Description Language</i> , Oldenbourg Verlag 2011 Namur Richtlinien NE 105 für „Spezifikation zur Integration von Feldebussystemen in Engineering-

Tools für Feldgeräte“ und NE 107 für „Eigenüberwachung und -diagnose von Feldgeräten“
Anmerkungen: -

### 3.2.5 Advanced Control

**Module title: Advanced Control**

Module summary
Module code: EITM 220A
Module coordinator: Prof. Dr. Dirk Feßler
Credits (ECTS): 5 CP workload: in lecture 60 h, independent study time 90 h
Semester: 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> semester
Pre-requisites with regard to content: Classical Control Theory, Digital Signal Processing
Pre-requisites according to the examination regulations: none
Competencies: Upon successful completion of this course, the students <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the limits in classical control and are able to combine classical control concepts with modern control theory</li> <li>• are able to analyze and design digital control systems</li> <li>• know the theory of modern state space methods and are able to apply them to real processes</li> <li>• are able to cope with complexity of distributed large systems</li> <li>• have expanded their abilities of abstraction and modeling real processes</li> </ul>
Assessment: Assessment is done by either a written exam (90 minutes) or an oral examination (30 minutes). The form of examination will be announced at the beginning of the semester
Usability: <i>General:</i> The module provides an advanced education in control systems engineering, emphasizing modern theoretical developments and their practical application. The course gives a sound fundamental understanding of feedback systems and enables students to apply modern control principles in various areas of industry. <i>Connection with other modules:</i> Most of the design methods in classical control theory rely heavily on trial-and-error. In contrast, modern control design methods lead to a unique solution to a given design problem. The course introduces modern control design methods ranging from linear optimal control to non-linear and supervisory control emphasizing a general view and sound understanding rather than algorithmic details. These skills will benefit the students throughout their career.

Course: Advanced Control
Module code: EITM 220A
Lecturer: Prof. Dr. Dirk Feßler
Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, summer semester
Type/mode: lecture 4h/week; mandatory in the study field Information technology, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
Content: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamental limits of feedback systems: Sensitivity and complementary sensitivity, Bode's</li> </ul>

<p>integral formula, waterbed-effect</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robustness analysis of plants with bounded uncertainties</li> <li>• Extensions of standard PID control loops: Two-degree-of-freedom controllers, notch filter in the feedback loop, gain scheduling, auto-tuning of PID-Controllers</li> <li>• Modeling for control: Principles of modeling continuous systems, state space representation of (linear) MIMO-systems, canonical normal forms, and equivalence transformations</li> <li>• Digital control: Sampling and reconstruction of signals, continuous-to-discrete conversion methods, esp. BLT with prewarping, digital redesign of continuous controllers</li> <li>• Modern control theory: Controllability, observability, Kalman decomposition, pole assignment, state-feedback with integral action, Luenberger observer, LQR/LQG</li> <li>• Selected topics in nonlinear control: zero dynamics, exact feedback linearization, flatness-based process-inversion</li> <li>• Control of large distributed systems: Balanced realization, Model reduction, design of reduced order controllers, decentralized control, modeling of event-driven systems and supervisory control, modeling and simulation of hybrid systems</li> </ul>
<p>Recommended reading:</p> <p>A. Braun: <i>Grundlagen der Regelungstechnik: Kontinuierliche und diskrete Systeme</i>, Fachbuchverlag Leipzig, 2005</p> <p>B.C. Kuo: <i>Automatic Control Systems</i>, Prentice Hall, New Jersey, ISBN 0-13-054842-1, 1987</p> <p>H. Unbehauen: <i>Regelungstechnik II</i>, Vieweg, 6. Aufl., 1993</p> <p>H. Unbehauen: <i>Regelungstechnik III</i>, Vieweg, 5. Aufl., 1995</p> <p>W. Büttner: <i>Digitale Regelungssysteme</i>, Vieweg, 1994</p> <p>J. Lunze: <i>Automatisierungstechnik</i>, Oldenbourg, 2003</p> <p>Slotine and Li: <i>Applied Nonlinear Control</i>, Prentice Hall, New Jersey, ISBN 0-13-040890-5, 1991</p> <p>Hoffmann und Brunner: <i>MATLAB &amp; Tools für die Simulation dynamischer Systeme</i>, Addison-Wesley, München, 2002</p> <p>U. Brunner: <i>Einführung in die Modellbildung und Simulation ereignis-getriebener Systeme mit Stateflow</i>, Grin-Verlag, (v129403), 2010</p>
<p>Comments: -</p>

### 3.2.6 Design für Six Sigma

#### Modulname: Design for Six Sigma

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 110A
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Manfred Strohrmann
Modulumfang (ECTS): 5 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Mathematik aus dem Grundstudium, Statistik-Kenntnisse
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Studierenden univariate Aufgabenstellungen lösen, insbesondere Prognose- und Konfidenzintervalle bestimmen sowie Hypothesentests durchführen</li> <li>• können die Studierenden Korrelations- und Varianzanalysen durchführen</li> <li>• sind Studierende in der Lage, multivariate Regressionsfunktionen aufzustellen und zu bewerten</li> <li>• passen die Studierenden die DFSS-Methoden Messsystemanalyse, statistische Prozesskontrolle, statistische Versuchsplanung, statistische Simulation und statistische Tolerierung auf konkrete Fertigungsprozesse an und führen sie erfolgreich durch.</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 90 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 20 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> In dem Modul werden Methoden vorgestellt, mit denen Fertigungsstreuungen bei der Produktentwicklung berücksichtigt werden können. Die Methoden erlauben eine Prognose der statistischen Verteilung von Spezifikationsmerkmalen des zu entwickelnden Produktes. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Das Modul ist interdisziplinär und damit universell einsetzbar.

Lehrveranstaltung: Design for Six Sigma
EDV-Bezeichnung: EITM 110A
Dozent/in: Prof. Dr. Manfred Strohrmann
Umfang (SWS): 4
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Automatisierungstechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Univariate Wahrscheinlichkeitstheorie, deskriptiv und induktiv</li> <li>• Multivariate Wahrscheinlichkeitstheorie, deskriptiv und induktiv</li> <li>• Korrelationsanalyse</li> <li>• Varianzanalyse</li> <li>• Regressionsanalyse</li> </ul>

- Mess-System-Analyse
- Statistische Prozesskontrolle
- Statistische Versuchsplanung
- Statistische Simulation
- Statistische Tolerierung

Empfohlene Literatur:

Strohrmann, Manfred: *Design For Six Sigma*, Hanser Fachbuchverlag, München 2009  
 Kreyszig, Erwin: *Statistische Methoden und ihre Anwendungen*, 4., unveränderter Nachdruck der 7. Auflage, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1991  
 Ross, M. Sheldon: *Statistik für Ingenieure und Naturwissenschaftler*, 3. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, München, 2006  
 Hartung, Joachim; Elpelt, Bärbel: *Multivariate Statistik*, 7., unveränderte Auflage, R. Oldenbourg Verlag, München / Wien  
 Schulze, Alfred: *Eignungsnachweis von Prüfprozessen*, Hanser Fachbuchverlag, München 2007  
 Kleppmann, Wilhelm: *Taschenbuch Versuchsplanung*, Hanser Fachbuchverlag, München 2009  
 Klein, Bernd: *Statistische Tolerierung*, Hanser Fachbuchverlag, München 2002

Anmerkungen: -

## 3.3 Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien

### 3.3.1 Elektrische Antriebe

#### Modulname: Elektrische Antriebe

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 110E
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Thomas Köller
Modulumfang (ECTS): 7 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 120 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Elektrische Maschinen, Leistungselektronik, Regelungstechnik
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind die Studierenden in der Lage Antriebssysteme zu projektieren</li> <li>• können die Studierenden Gebersysteme für Ihre Applikation auswählen und kennen die Stärken und Schwächen des gewählten Systems</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage regelungstechnische Verfahren im Bereich der Antriebstechnik anzuwenden und weiterzuentwickeln</li> <li>• können die Studierenden Frequenzumrichter für die Antriebstechnik parametrieren</li> <li>• kennen die Studierenden Detailprobleme des Stromregelkreises hinsichtlich der Abtastung</li> <li>• entwickeln die Studierenden Lösungen zu den Detailproblemen des Drehzahlregelkreises</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 120 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 20 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Ziel des Moduls ist die Wissensvermittlung in den Bereichen Projektierung elektrischer Antriebe und Regelung elektrischer Antriebe. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Nachdem in Bachelorstudiengängen das stationäre Verhalten der elektrischen Maschinen im Vordergrund steht, wird im Rahmen dieser Vorlesung der Schwerpunkt auf das dynamische Verhalten elektrischer Maschinen gelegt. Darüber hinaus wird die Maschine im geschlossenen Regelkreis betrachtet. Nachdem die Gebiete Technische Mechanik, Regelungstechnik und Elektrische Maschinen als Einzelgebiete bereits in Bachelorstudiengängen behandelt wurden, schafft die hier zu beschreibende Vorlesung einen interdisziplinären Brückenschlag dieser drei Gebiete im Bereich der elektrischen Antriebstechnik.
Lehrveranstaltung: Elektrische Antriebe
EDV-Bezeichnung: EITM 110E
Dozent/in: Prof. Dr. Thomas Köller
Umfang (SWS): 6
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch

<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Bahnplanung</li> <li>• Getriebe</li> <li>• Erwärmung und Kühlung</li> <li>• Projektierung von Antriebssystemen</li> <li>• Reglerauslegung mit dem Schwerpunkt „Elektrische Antriebe“ (Symmetrisches Optimum, Betragsoptimum)</li> <li>• Relevante Regelkreisstrukturen für die Antriebstechnik</li> <li>• Dynamisches Verhalten der Gleichstrommaschine</li> <li>• Regelung von Drehfeldantrieben mit dem Schwerpunkt „permanentmagneterregte Synchronmaschine“</li> <li>• Vertiefung Raumzeigertheorie / Symmetrische Komponenten</li> <li>• Dynamisches Verhalten der Synchronmaschine</li> <li>• Feldorientierte Regelung</li> <li>• Raumzeigermodulation</li> <li>• Systeme zur Lageerfassung (Resolver, Encoder)</li> <li>• Regelung bei elastischer Kopplung zur Arbeitsmaschine</li> <li>• Geberlose Regelung</li> <li>• Detailprobleme bei der Strom- und Drehzahlregelung</li> <li>• Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:  Schröder, Dierk: <i>Elektrische Antriebe – Regelung von Antriebssystemen</i>, Springer Verlag</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.3.2 Hochspannungsprüftechnik und EMV

#### Modulname: Hochspannungsprüftechnik und EMV

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 120E
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Sebastian Coenen
Modulumfang (ECTS): 8 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 90 h, Selbststudium 150 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Abgeschlossenes Bachelorstudium mit elektrotechnischen Grundkenntnissen und Grundlagenkenntnisse der Elektromagnetischen Verträglichkeit sowie der Hochspannungstechnik, der Elektronik und Feldtheorie.
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls: <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Studierenden die gesetzlichen und verfahrenstechnischen Vorgehensweisen zur Vergabe des CE-Kennzeichens</li> <li>• sind sie in der Lage häufig vorkommende Prüfverfahren normenkonform durchzuführen</li> <li>• können Beanspruchungen hochspannungstechnischer Betriebsmittel detailliert begutachtet und bewertet werden</li> <li>• kennen die Studierenden die technischen Prüfverfahren für Hochspannungsanlagen</li> <li>• können sie Hochspannungsprüfungen gemäß der Norm durchführen</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 90 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 30 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Ziel des Moduls ist die Vermittlung spezieller Kenntnisse der Prüftechnik hochspannungstechnischer Komponenten und normgerechter Prüfverfahren auf dem Gebiet der Elektromagnetischen Verträglichkeit. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Das Modul vertieft die allgemeinen Kenntnisse der Studierenden in den Bereichen EMV und Hochspannungstechnik. Insofern werden Grundkenntnisse in diesen Bereichen vorausgesetzt.

Lehrveranstaltung: Hochspannungsprüftechnik
EDV-Bezeichnung: EITM 121E
Dozent/in: Prof. Dr. Sebastian Coenen
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Arten der Spannungsbeanspruchung von elektrischen Betriebsmitteln in Stromversorgungsnetzen</li> <li>• Normen der Hochspannungsprüftechnik</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugung hoher Wechsel-, Gleich- und Impulsspannungen</li> <li>• Messung hoher Wechsel-, Gleich- und Impulsspannungen</li> <li>• Ausgewählte diagnostische Prüfverfahren (z. B. Thermographie, chemische Transformatoruntersuchungen, Teilentladungsmesstechnik, C-tan <math>\delta</math>-Messung)</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur: Küchler, A.: <i>Hochspannungstechnik</i>, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 2005; 2. Auflage VDE-Normen</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

<p><b>Lehrveranstaltung: EMV-Prüftechnik</b></p>
<p>EDV-Bezeichnung: EITM 122E</p>
<p>Dozent/in: Prof. Dr. Sebastian Coenen</p>
<p>Umfang (SWS): 2</p>
<p>Turnus: jährlich, Wintersemester</p>
<p>Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik</p>
<p>Lehrsprache: Deutsch</p>
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EMV-Normen</li> <li>• EMV-Gesetze</li> <li>• Grundlagen der EMV-Meßtechnik</li> <li>• Grundlagen der Störemissionsmesstechnik bei geleiteten und gestrahlten Störungen</li> <li>• Grundlagen der Störfestigkeitsmesstechnik bei geleiteten und gestrahlten Störungen</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur: A.J. Schwab: <i>Elektromagnetische Verträglichkeit</i>, Springer Verlag; Berlin Heidelberg New York, 1994; 3. Auflage K.H. Gonschorek, H. Singer: <i>Elektro-Magnetische Verträglichkeit</i>, B.G. Teubner Stuttgart, 1992 VDE-Normen</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

<p><b>Lehrveranstaltung: Labor Hochspannungsprüftechnik</b></p>
<p>EDV-Bezeichnung: EITM 123E</p>
<p>Dozent/in: Prof. Dr. Sebastian Coenen</p>
<p>Umfang (SWS): 2</p>
<p>Turnus: jährlich, Wintersemester</p>
<p>Art und Modus: Labor; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik</p>
<p>Lehrsprache: Deutsch</p>
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchschlagsfestigkeit fester und flüssiger Isolierstoffe</li> <li>• Dielektrische Messungen an festen und flüssigen Isolierstoffen</li> <li>• Messung von Teilentladungen Impulsspannungsmesstechnik</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur: siehe zugehörige Vorlesung</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.3.3 Verteilte Energiesysteme

#### Modulname: Verteilte Energiesysteme

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 130E
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Sebastian Coenen
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 60 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Einführung in die Thermodynamik, Grundlagen der Energieversorgung
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls: <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Studierende die Struktur und die Funktionsweise künftiger Energieversorgungssysteme;</li> <li>• kennen Studierende die Verfahren und Komponenten, die in verteilten Energiesystemen zur Anwendung kommen;</li> <li>• Können die Studierenden Standorte für Windkraftanlagen anhand von Windmessdaten beurteilen;</li> <li>• Können die Studierenden Leistungsangaben von Windkraftanlagen beurteilen;</li> <li>• kennen die Studierenden die wichtigsten Algorithmen, die in Condition-Monitoring-Systemen von Windkraftanlagen zur Anwendung kommen;</li> <li>• kennen die Studierenden die verschiedenen Steuerungs- und Regelungsverfahren von Windkraftanlagen und können ihre Wirkung auf den Verschleiß sowie die unterschiedliche Einbindung ins elektrische Netz benennen.</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 120 min) bewertet.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Ziel des Moduls ist das Verständnis für zwei tragende Säulen unserer künftigen Energieversorgung mit elektrischer und thermischer Energie zu schaffen, die Kraft-Wärmekopplung und die Windenergiesysteme sowie deren Einbindung ins elektrische Netz. Künftig wird die Kraft-Wärme-Kopplung eine zentrale Rolle in der Energieversorgung einnehmen. Sie verfügt über die erforderliche Regelbarkeit, die fluktuierende Einspeisungen, wie es die Erneuerbare Energien mit sich bringen, zur Folge haben. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Die Windenergie spielt momentan bei den Erneuerbaren Energien eine dominierende Rolle. Windkraftanlagen sind komplexe Anlagen, zu deren Verständnis auch strömungsmechanische und aerodynamische Grundlagen vermittelt werden müssen. Ein weiterer Schwerpunkt sind die elektrotechnischen Komponenten, Generatoren, Steuerung und Regelung, Anlagenüberwachung sowie die Einbindung von Einzelanlagen oder Windparks ins Verbundnetz. Ferner spielen akustische und visuelle Beeinträchtigungen des Menschen durch Windkraftanlagen eine wichtige Rolle.
Lehrveranstaltung: Verteilte Energiesysteme
EDV-Bezeichnung: EITM 131E

Dozent/in: Prof. Dr. Herrmann R. Fehrenbach
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warum verteilte Energiesysteme?</li> <li>• Grundlagen der Thermodynamik zum Verständnis der Verbrennungskraftmaschine</li> <li>• Otto-, Diesel- und Stirlingmotoren</li> <li>• Motorsteuerungskonzepte</li> <li>• Abgasreinigungskonzepte</li> <li>• Brennstoffzellen</li> <li>• KWK, BHKW</li> <li>• Virtuelle Kraftwerke</li> <li>• Konventionelle und nicht konventionelle Energiespeicher</li> <li>• Grundprinzipien der Biogastechnologie</li> <li>• Smart Grids, Demand Side Management (Laststeuerung)</li> <li>• Hybridfahrzeuge und E-Mobility, Grundprinzipien</li> <li>• Wärmepumpentechnik, Grundprinzipien</li> <li>• Wasserstoffwirtschaft, Elektrolyseure, Brennstoffzellen, Methanisierung</li> <li>• Netzüberwachung, Netzstabilisierung (ENS)</li> <li>• Inselfsysteme und Regenerative Kombikraftwerke</li> </ul>
Empfohlene Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schmitz, K. W., Schaumann G. (Hrsg): Kraft-Wärme-Kopplung, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.</li> <li>▪ Zahoransky R. A.: Energietechnik, 3. Auflage, Vieweg-Verlag, Wiesbaden, 2007.</li> <li>▪ Karl J.: Dezentrale Energiesysteme, Oldenburg-Verlag, 2004.</li> <li>▪ ASUE: Kraft-Wärme-Kopplung, Schriftenreihe, Vulkan-Verlag, 1995.</li> <li>▪ Thomas B.: Miniblockheizkraftwerke, 1. Auflage, Vogel-Buchverlag, 2007.</li> <li>▪ Fricke J., Borst W.: Energie - Ein Lehrbuch der physikalischen Grundlagen, Oldenbourg-Verlag, München 1980.</li> </ul>
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Windenergiesysteme</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 132E
Dozent/in: Prof. Dr. Sebastian Coenen
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung der Windenergie</li> <li>• Geschichte der Windenergie: Ursprünge der Windenergienutzung, erste neuzeitliche Entwicklungen, Entwicklungen infolge der "Energiekrise", Windenergie in Dänemark, Entwicklung weltweit, Vertikalachsenkonverter (VAWTs)</li> <li>• Moment und Leistung an der Turbine: Energie der Luftströmung nutzbare Windleistung,</li> </ul>

<p>Wirkungsgrad der nicht idealen Windturbine, Tragflügeltheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Grundlagen: Kräfte am Flugzeugflügel, Profilform, Gleitzahl eines Profils, Reynolds-Zahl, Schnelllaufzahl,</li> <li>• Windenergiewandler: Auftriebsprinzip, Widerstandsprinzip</li> <li>• Konstruktiver Aufbau / -Mechanik: Luv- und Leeläufer, Windrichtungsnachführung, Turm, Fundament, Rotorblätter, Leistungsbegrenzung, Triebstrang</li> <li>• Elektrische Ausrüstung: Drehstromgenerator, Synchrongenerator, Doppeltgespeister Asynchrongenerator, permanenterregte Synchrongeneratoren</li> <li>• Konzepte: das dänische Konzept, Asynchrongenerator mit Schlupfregelung, Drehzahlvariabel mit doppelt gespeistem Asynchrongenerator, drehzahlvariable Anlage mit Synchrongenerator, Vergleich Generatorkonzepte, Kosten der elektrischen Ausrüstung</li> <li>• Steuerung und Regelung: Leistungs- und Drehzahlregelung, Netzparallelbetrieb, Inselbetrieb, Betriebsführung, Condition Monitoring</li> <li>• Netzanbindung -Windparks</li> <li>• Entstehung des Windes: Globale und lokale Windverhältnisse</li> <li>• Ertragsabschätzung: Windmesstechnik, Windgeschwindigkeitsverteilung, Rauigkeit und Höhenprofil, Windturbulenzen und Böen</li> <li>• Umweltaspekte: Geräuscentwicklung, Schallausbreitung, Geräuschmesstechnik</li> <li>• Visuelle Beeinträchtigung (Schattenwurf), Beeinträchtigung der Landschaft, Rückbau</li> <li>• Wirtschaftlichkeitsbetrachtung: Kostenaufteilung, Stromerzeugungskosten</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hau, E.: <i>Windkraftanlagen</i>, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.</li> <li>▪ Gasch R., Twele J. (Hrsg.): <i>Windkraftanlagen</i>, Vieweg+Teubner - Verlag, Wiesbaden, 2011.</li> <li>▪ Heier, S.: <i>Windkraftanlage</i>, 5. Auflage, Vieweg-Teubner-Verlag, Wiesbaden, 2009.</li> <li>▪ Blaabjerg, F., Chen Z.: <i>Power Electronics for Modern Wind Turbines</i>, Morgan &amp; Claypool Publishers, 1. Auflage, 2006.</li> <li>▪ Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A.L.: <i>Wind Energy Explained</i>, 2. Auflage, John Wiley and Sons, 2010.</li> <li>▪ Mathew S.: <i>Wind Energy</i>, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2006.</li> <li>▪ Jain P.: <i>Wind Energy Engineering</i>, Mc Graw Hill, 2011.</li> <li>▪ Molly J.P.: <i>Windenergy</i>, Verlag C.F. Müller, 2. Auflage 1990.</li> </ul>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.3.4 Netzbetrieb und Schaltgeräte

#### Modulname: Netzbetrieb und Schaltgeräte

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 210E
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Thomas Ahndorf
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Abgeschlossenes Bachelorstudium mit elektrotechnischen Grundkenntnissen und Grundlagenkenntnisse der Elektrischen Energieversorgung sowie der Hochspannungstechnik
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls: <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Studierenden den Aufbau und das Betriebsverhalten von Verbund- und Inselnetzen</li> <li>• können Studierende auf der Basis der technisch relevanten Netzeigenschaften die Netze qualifiziert beurteilen</li> <li>• sind sie befähigt, Stromversorgungsnetze (Verbund- und Inselnetze) zu planen, umzubauen und auszubauen</li> <li>• kennen die Studierenden die wichtigsten traditionellen und neuen Betriebsmittel der Schaltanlagentechnik (Schaltgeräte, Schaltanlagentechniken, Schutztechniken, etc.)</li> <li>• können die Studierenden das betriebliche Monitoring von Schaltanlagen durchführen</li> <li>• haben sie die Fähigkeit, Schaltanlagen qualifiziert zu planen</li> <li>• haben sie die Kompetenz, standardisierte Dokumentationen zu erstellen</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 120 min) bewertet.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Ziel des Moduls ist die Vermittlung spezieller Kenntnisse im Bereich des Aufbaus, der Funktions- und Betriebsweise von Schaltgeräten und –anlagen der elektrischen Energieversorgung. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Die Vorlesungen „Netzbetrieb“ und „Schaltgeräte und Schaltanlagen“ ergänzen die Kenntnisse der Studierenden im Bereich Elektrische Energieversorgung, Hochspannungstechnik und Planung und Betrieb elektrischer Netze.

Lehrveranstaltung: Netzbetrieb
EDV-Bezeichnung: EITM 211E
Dozent/in: Prof. Dr. Thomas Ahndorf
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitale Lastfluss- und Kurzschlussstromberechnung</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau und Betrieb von Verbund- und Inselnetzen</li> <li>• Dynamische Netzeigenschaften und Netzstabilität</li> <li>• Netz- und Kraftwerksregelung</li> <li>• Kraftwerkseinsatz</li> <li>• Betriebsmittel zur Leistungsflussbeeinflussung</li> <li>• Rundsteueranlagen</li> <li>• SCADA-Systeme</li> <li>• Regeln und Vereinbarungen für den Netzverbund</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Oeding, D., Oswald, B.R.: <i>Elektrische Kraftwerke und Netze</i>, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004; 6. Auflage</p> <p>Heuck, K., et al.: <i>Elektrische Energieversorgung</i>, Vieweg Verlag, 2007, 7. Auflage</p> <p>Hubensteiner, H., et al.: <i>Schutztechnik in elektrischen Netzen, Planung und Betrieb</i>, vde-verlag, 1993</p> <p>Hubensteiner, H., et al.: <i>Schutztechnik in elektrischen Netzen, Grundlagen und Ausführungsbeispiele</i>, vde-verlag, 1993</p> <p>Küchler, A.: <i>Hochspannungstechnik</i>, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2005, 2. Auflage</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

<p><b>Lehrveranstaltung: Schaltgeräte und Schaltanlagen</b></p>
<p>EDV-Bezeichnung: EITM 212E</p>
<p>Dozent/in: Prof. Dr. Thomas Ahndorf</p>
<p>Umfang (SWS): 2</p>
<p>Turnus: jährlich, Sommersemester</p>
<p>Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik</p>
<p>Lehrsprache: Deutsch</p>
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau von Schaltanlagen im Nieder- Mittel- und Hochspannungsbereich</li> <li>• Anbindung von Off-shore-Windparks</li> <li>• Anlagen zur Kopplung asynchroner Netze</li> <li>• Anlagen- und Komponentenmonitoring</li> <li>• Anlagenschutztechnik</li> <li>• Anlagenplanung (Stromlaufpläne, Klemmenpläne, etc.)</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur: siehe oben</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.3.5 Solare Energienutzung

#### Modulname: Solare Energienutzung

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 220E
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Rainer Merz
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Physik, Elektronik, Höhere Mathematik
Voraussetzungen nach SPO: keine
<p>Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>kennen Studierende die Materialanforderungen an kristallinen Solarzellen, deren Herstellprozess und die physikalischen Halbleitereffekte innerhalb der Zelle</li> <li>haben Studierende den Aufbau und Herstellung von Dünnschichtzellen kennen gelernt und die physikalischen Halbleitereffekte innerhalb der Zelle</li> <li>können Studierende Alterungsmechanismen von Solarmodulen beurteilen und Testverfahren angeben</li> <li>können Studierende prinzipielle, maximale und reale Wirkungsgrade von Solarzellen unterscheiden und diskutieren</li> <li>sind Studierende in der Lage großtechnische Photovoltaikanlagen für die elektrische Energieversorgung zu projektieren</li> <li>können Studierende hydraulische Netze und Heizungskreise projekttechnisch beschreiben</li> <li>können Studierende die solarthermische Energienutzung für die Wärmebedarfsversorgung von Gebäuden einbeziehen und rechnerisch auslegen</li> <li>kennen Studierende die Messtechniken und Verfahren der Gebäudeautomation, um die Solarthermie großtechnisch zu nutzen</li> <li>können Studierende Wirtschaftlichkeitsberechnungen erstellen und haben die Kompetenz diese auch für angrenzende Fachgebiete zu übertragen</li> </ul>
<p>Prüfungsleistungen:</p> <p>Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 90 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 20 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.</p>
<p>Verwendbarkeit:</p> <p><i>Allgemein:</i> Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage, energietechnische Anlagen unter Nutzung der Photovoltaik oder Solarthermie zu planen und zu entwickeln. Das umfasst ein vertieftes Verständnis für den Materialaufbau von Solarzellen, den halbleiterphysikalischen Vorgängen in den Zelltypen und die Aspekte der Materialherstellung. Großtechnische Anlagen für die elektrische Energieversorgung oder solare Wärmeerzeugung können ausgelegt werden.</p> <p><i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Dieses Modul beschreibt explizit die solare Energienutzung bis hin zu Aspekten der Halbleiterphysik bzw. den thermodynamischen Vorgängen.</p>

#### Lehrveranstaltung: Solare Energienutzung

EDV-Bezeichnung: EITM 229E

Dozent/in: Prof. Dr. Rainer Merz
Umfang (SWS): 4
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte der kristallinen Solarzelle</li> <li>• Konzepte der Dünnschicht-Solarzelle</li> <li>• Konzentratorzellen</li> <li>• Solarzellen-Messtechnik</li> <li>• Herstellung von Silizium-Solarzellen</li> <li>• Herstellung von Dünnschicht Solarzellen</li> <li>• Ausgewählte Kapitel der Photovoltaik</li> <li>• Degradationseffekte</li> <li>• Projektierung großtechnischer Photovoltaikanlagen</li> <li>• Absorberkonzepte der Solarthermie</li> <li>• Hydraulikkreisläufe</li> <li>• Wärme- und Kältespeicher</li> <li>• Automatisierung und Regelung der Heizkreisläufe</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Häberlin, J.: <i>Photovoltaik: Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen</i>, Verlag VDE, 2010</p> <p>Wagner, A.: <i>Photovoltaik Engineering: Handbuch für Planung, Entwicklung und Anwendung</i>, Verlag VDI, 2009</p> <p>Antony, F.; Dürschner, Ch.; Remmers, K. H.: <i>Photovoltaik für Profis: Verkauf, Planung und Montage von Solarstromanlagen</i>, Verlag Beuth, 2009</p> <p>Watter, H.: <i>Regenerative Energiesysteme: Grundlagen, Systemtechnik und Anwendungsbeispiele aus der Praxis</i>, Verlag Vieweg-Teubner, 2011</p> <p>Eicker, U.: <i>Solare Technologien für Gebäude</i>, Verlag Vieweg Teubner, 2011</p>
Anmerkungen: -

### 3.3.6 Seminar Erneuerbare Energien

#### Modulname: Seminar Erneuerbare Energien

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 230E
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Sebastian Coenen
Modulumfang (ECTS): 5 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 45 h, Selbststudium 105 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlagen Regenerativer Energien, Physik, Verteilte Energiesysteme, Solare Energienutzung
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls: <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende durch die Präsentation von eingeladenen Experten aus der Industrie und Forschung neueste Entwicklung im Bereich der Erneuerbare-Energien-Technologien</li> <li>• haben Studierende ein eigenes, vorgegebenes Fachthema in Gruppenform durch eigene Literaturrecherche erarbeitet und für einen wissenschaftlichen Folienvortrag aufbereitet</li> <li>• können Studierende das vorgegebene Fachthema in wissenschaftlich aufbereiteter Form vor einem Fachpublikum vorstellen und diskutieren</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die schriftliche Vorbereitung und der wissenschaftliche Fachvortrag (Dauer 20 min), sowie die anschließende Diskussion mit den Hörern werden benotet. Die Kriterien für die Bewertung des Fachvortrags werden im Vorfeld bekannt gegeben
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> In diesem Seminar werden aus dem Themenfeld der Erneuerbaren Energien neueste Entwicklungen in Fachvorträgen vorgestellt und fachlich bewertet. Insbesondere werden auch die nicht zum Kerngebiet der Elektrotechnik gehörenden Verfahren der Erneuerbaren Energien vorgestellt und hinsichtlich der Verbindung zur elektrischen Energieversorgung vertieft. Mögliche Themen beinhalten die Nutzung und Automatisierung von Biomasseanlagen, neueste Entwicklungen in der Batteriespeichertechnik, geothermische Energienutzung, etc. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Dieses Modul behandelt Verfahren, die noch nicht Gegenstand in den anderen Modulen des Studiengangs sind. Insbesondere werden neueste Entwicklungen in Fachvorträgen vorgestellt..

Lehrveranstaltung: Seminar Erneuerbare Energien
EDV-Bezeichnung: EITM 230E
Dozent/in: Prof. Dr. Hermann R. Fehrenbach
Umfang (SWS): 4
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Seminar; Pflichtmodul für Studienrichtung Energietechnik und Erneuerbare Energien, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: ( <i>Vorschläge, die von Semester zu Semester neu bestimmt werden, z. B):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verfahrenskonzepte von Biomasseanlagen</li> <li>• Automatisierung von Biomasseanlagen</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rohstoffkreisläufe in der Photovoltaik</li> <li>• Neueste Entwicklungen bei elektrochemischen Energiespeichern</li> <li>• Energieeffiziente Druckluftspeicher</li> <li>• Oberflächennahe Geothermienutzung</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Lobin, H.: <i>Die wissenschaftliche Präsentation: Konzept – Visualisierung – Durchführung</i>, Verlag Schöningh, 2012</p> <p>Hofmann, Angelika H.: <i>Scientific Writing and Communication: Papers, Proposals, and Presentations</i>, Oxford University Press, 2010</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

## 3.4 Studienrichtung Sensorsystemtechnik

### 3.4.1 Physikalische und chemische Sensorik

#### Modulname: Physikalische und chemische Sensorik

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 110S
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Harald Sehr
Modulumfang (ECTS): 5 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Physik, Chemie, Physikalische Chemie, Elektronik, Physikalische Sensoren, Chemosensorik
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen und verstehen die Funktionsprinzipien der Durchfluss- und Füllstandsmesstechnik</li> <li>• beherrschen die Strategien von drahtlosen Sensorsystemen hinsichtlich Energiebereitstellung, Energiemanagement, Messgrößenerfassung und Signalübermittlung</li> <li>• kennen und verstehen theoretische Modelle, die zur Signalgenerierung in physikalischen und chemischen Sensoren eingesetzt werden</li> <li>• sind in der Lage, selbständig ein geeignetes Sensorprinzip nach den Anforderungen der Aufgabenstellung auszuwählen</li> <li>• sind befähigt, nach den Anforderungen der jeweiligen Messaufgabe ein geeignetes Sensorsystem einschließlich Sensorelement, Signalverarbeitung und -übermittlung zu konzipieren</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 120 min) bewertet.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Dieses Modul vermittelt den Studierenden theoretische Modelle, die zur Erfassung verschiedener Messgrößen bzw. zur Signalgenerierung in physikalischen sowie chemischen Sensorsystemen eingesetzt werden. Weitere Schwerpunkte sind Spezialwissen zu den Materialeigenschaften chemischer Sensoren sowie Energiemanagement, Signalverarbeitungs- und -übermittlungsstrategien bei drahtlosen Sensorsystemen. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Dieses Modul erläutert anspruchsvolle Modelle im Bereich der physikalischen und chemischen Sensorik und greift auf ein breites naturwissenschaftliches und ingenieurwissenschaftliches Fundament an Wissen und Fertigkeiten zurück. Es knüpft an Kenntnisse und Fertigkeiten aus den Bachelorvorlesungen Physikalische Sensoren sowie Chemosensorik an.

#### Lehrveranstaltung: Physikalische Sensorsysteme

EDV-Bezeichnung: EITM 111S
Dozent/in: Prof. Dr. Harald Sehr
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester

Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Strömungsmechanische Grundlagen der Durchflussmesstechnik</li> <li>• Kenngrößen und Messprinzipien der Durchflussmesstechnik</li> <li>• Aufbau und Funktionsweisen von Durchflussmesssystemen</li> <li>• Kenngrößen und Messprinzipien von Füllstandssensoren</li> <li>• Aufbau und Funktionsweisen von Füllstandsmesssystemen</li> <li>• Oberflächenwellensensorik</li> <li>• Drahtlose Sensorsysteme</li> <li>• Energy Harvesting</li> <li>• Anwendungsbeispiele</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Niebuhr, Lindner: <i>Physikalische Messtechnik mit Sensoren</i> , Oldenburg Hoffmann: <i>Taschenbuch der Messtechnik</i> , Hanser Tränkler: <i>Taschenbuch der Messtechnik</i> , Oldenbourg Durchflusshandbuch, Endress + Hauser Flowtec AG Bonfig: <i>Technische Durchflussmessung</i> , Vulkan Finkenzeller: <i>RFID Handbuch</i> , Hanser Vorlesungspräsentationen (Vorlagen)
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Chemische Sensoren und Sensormaterialien</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 112S
Dozent/in: Prof. Dr. Markus Graf
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologische Bedeutung der Chemosensorik</li> <li>• Theorie der Referenzelektroden und zur Generierung des Diffusionspotentials</li> <li>• Festelektrolyte als Membranmaterialien für Ionenselektive Elektroden, Beispiele Theorie der Ionendiffusion in Festkörpern</li> <li>• Beispiele ionenselektiver Elektroden</li> <li>• pH-Sensorik – physico-chemische Theorien zur Sensorsignalgenerierung</li> <li>• Theorie zur experimentellen Bestimmung der Querempfindlichkeit von Ionenselektiven Elektroden</li> <li>• Lambda-Sonde, Theorie der Restsauerstoffmessung</li> <li>• Aufbau und theoretische Darstellung der Funktionsprinzipien von modifizierten Lambda-Sonden – Vorteile gegenüber der klass. Nernst-Sonde</li> <li>• Theorie der Signalreduktion beim Übergang des Festelektrolytmaterials in gemischt leitenden Zustand</li> <li>• Theorie der Amperometrie, Abgrenzung gegen Voltametrie</li> <li>• Membranbedeckte gelöste Sauerstoff-Messzelle</li> </ul>

<p>Empfohlene Literatur: Zur Vorlesung EITM112S gibt es kein adäquates Lehrbuch. Vorlesungsvorlagen werden aus Primärliteratur zusammengestellt.          Englischsprachige Fachliteratur zu ausgewählten Themen</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.4.2 Mikrosysteme

#### Modulname: Mikrosysteme

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 120S
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Christian Karnutsch
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Grundkenntnisse in (Festkörper-) Physik, Chemie und Biologie
Voraussetzungen nach SPO: keine
<p>Kompetenzen: Studierende sind nach Absolvierung des Moduls in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eigenständig zu beurteilen, welche Effekte genutzt werden können zur Realisierung von Mikro-, Nano- und optofluidischen Systemen</li> <li>• unter ökonomischen und technologischen Randbedingungen zu evaluieren und zu entscheiden, ob die Herstellung mittels Volumen- oder Oberflächenmikromechanischen Konzepten erfolgen soll</li> <li>• einen adäquaten Herstellungsprozess selbstständig zu entwickeln</li> <li>• technologische Herausforderungen bei der Herstellung von Mikro-, Nano- und optofluidischen Systemen zu beherrschen</li> <li>• makroskopische optofluidische Analysensysteme zu analysieren und einen Prozess zur Miniaturisierung dieser Systeme selbstständig zu planen</li> <li>• anhand der Strukturgröße und Geometrie eines Bauteiles das zu verwendende Messinstrument vorzuschlagen</li> <li>• den Miniaturisierungsgrad eines Analysensystems kritisch zu bewerten und daraus Verbesserungsvorschläge zu kreieren</li> </ul>
<p>Prüfungsleistungen:</p> <p>Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer Modulprüfung bestehend aus zwei 60minütigen, zeitlich zusammenhängenden Teilprüfungen bewertet.</p>
<p>Verwendbarkeit:</p> <p><i>Allgemein:</i> Die Mikrosystemtechnik gilt als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. Sie ist sowohl für mikroelektronische Baugruppen von Belang, als auch in dem neu aufkommenden Fachgebiet der optofluidischen Mikrosysteme. Das Modul ermöglicht den Studierenden Kompetenzen in der Entwicklung und Fertigung von allgemeinen Mikrosystemen zu erwerben und spezialisiert diese beispielhaft anhand optofluidischer Mikrosysteme.</p> <p><i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Die im Modul erworbenen Kenntnisse und Kompetenzen werden in den Modulen Physikalische und chemische Sensorik, Bio- Chemo- und Strahlungssensorik, Optische Sensorik und Umwelttechnologie benötigt. Nur im Modul Mikrosysteme werden die Technologien zur Herstellung von Sensoren und Mikro- und Nanosystemen behandelt.</p>

Lehrveranstaltung: Mikro- und Nanotechnologie
EDV-Bezeichnung: EITM 121S
Dozent/in: Prof. Dr. Christian Karnutsch
Umfang (SWS): 2

Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Gasphasenabscheidung: Bedampfen, DC- und AC- und Magnetron-Sputtern, Ionenplattieren, Plasmapolymersation</li> <li>• Chemische Gasphasenabscheidung: thermisch und plasmaunterstützt</li> <li>• Silizium-Oxidation: trocken und feucht</li> <li>• Strukturierungstechnologien: Nass- und Trockenätzen, isotropes und richtungsabhängiges Ätzen</li> <li>• Dotierungstechnologien: Diffusion und Ionenimplantation</li> <li>• Oberflächen- und Volumenmikromechanik</li> <li>• Mikro- und Nanosysteme</li> <li>• Messinstrumente für Bauteile mit Strukturen im Nanometer-Bereich</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Vorlesungsskript (selbst erstellt) Madou, Marc: <i>Manufacturing Techniques for Microfabrication and Nanotechnology</i> , CRC Press, 2012 Globisch, Sabine et al.: <i>Lehrbuch Mikrotechnologie</i> , Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2011 Schwesinger, Norbert; Dehne, Caroline, Adler, Frederic: <i>Lehrbuch Mikrosystemtechnik</i> , Oldenbourg Verlag, 2009 Völklein, Friedemann; Zetterer, Thomas: <i>Einführung in die Mikrosystemtechnik</i> , 2. Auflage, Vieweg-Verlag, 2006 Gerlach, Gerald; Dötzel, Wolfram: <i>Einführung in die Mikrosystemtechnik</i> , 1. Auflage, Hanser-Verlag, 2006 Hilleringmann, Ulrich: <i>Mikrosystemtechnik, Prozessschritte, Technologien, Anwendungen</i> , 1. Auflage, Teubner-Verlag, 2006 Menz, Wolfgang; Mohr, Jürgen; Paul, Oliver: <i>Mikrosystemtechnik für Ingenieure</i> , 3. Auflage, VCH-Verlag, 2005 Mescheder, Ulrich: <i>Mikrosystemtechnik, Konzepte und Anwendungen</i> , 2. Auflage, Teubner-Verlag, 2004
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Optofluidic Microsystems</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 122S
Dozent/in: Prof. Dr. Christian Karnutsch
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikro- und Nanosysteme</li> <li>• Messinstrumente für Bauteile mit Strukturen im Nanometer-Bereich</li> <li>• Materialien für optofluidische Sensorsysteme</li> <li>• Ausgesuchte optofluidische Analysensysteme und deren Miniaturisierung</li> </ul>

<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Fainman, Yeshaiahu; Lee, Luke; Psaltis, Demetri, Yang, Changhuei: <i>Optofluidics: Fundamentals, Devices, and Applications</i>, McGraw Hill Professional, 2009</p> <p>Aaron, Hawkins R.; Schmidt, Holger: <i>Handbook of Optofluidics</i>, Taylor and Francis, 2010</p> <p>Edel, Joshua; Edel, Joshua Benno; De Mello, Andrew:  <i>Nanofluidics: nanoscience and nanotechnology</i>, Royal Society of Chemistry, 2009</p> <p>Chakraborty, Suman: <i>Microfluidics and Microfabrication</i>, Springer, 2010</p> <p>Matsko, Andrey: <i>Practical Applications of Microresonators in Optics and Photonics</i>, CRC Press, 2009</p> <p>Fan, Xudong: <i>Advanced Photonic Structures for Biological and Chemical Detection</i>, Springer, 2009</p> <p>Rios, Angel; Escapara, Alberto; Simonet, Bartolomé: <i>Miniaturization of Analytical Systems: Principles, Designs and Applications</i>, John Wiley &amp; Sons, 2009</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.4.3 Theoretische Aspekte der Sensorik I

#### Modulname: Theoretische Aspekte der Sensorik I

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 130S
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Christian Karnutsch
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Höhere Mathematik, Grundlagen Physikalische Chemie, Grundlagen Festkörperphysik
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreicher Absolvierung des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Studierenden die physio-chemische Vorgänge an Grenz- bzw. Festkörperoberflächen erfassen</li> <li>• können die Studierenden die physikalisch-chemische Vorgänge an fest / flüssig- und fest / gasförmig-Grenzflächen theoretisch beschreiben und diese Beschreibung selbstständig auf neue Problemfälle anwenden</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage die auf Grenzflächenprozessen beruhenden Chemosensorprinzipien theoretisch zu analysieren und die Anwendungsfähigkeit der unterschiedlichen Konzepte zu bewerten</li> <li>• kennen die Studierenden die Bilanz- und Kontinuitätsgleichungen und können diese aufzustellen und damit selbstständig Transportprozesse analysieren</li> <li>• können die Studierenden die organische optoelektronische Bauelemente hinsichtlich ihrer Effizienz beurteilen</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 120 min) bewertet.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> In diesem Modul wird die Bedeutung von Grenzflächen und Transportprozessen in den Natur- und Ingenieurwissenschaften vermittelt. Den Studierenden werden Theorien zur Beschreibung der physikalisch-chemischen Vorgänge an Grenzflächen und von Transportprozessen, speziell von Elektronen und Quasiteilchen, näher gebracht. Der Fokus liegt dabei auf einem vertieften Verständnis vielfältiger Sensor-Prinzipien und -Konfigurationen <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Die Lehrinhalte liefern den theoretischen Hintergrund für weiterführende Vorlesungen, wie z.B. Bio- und Chemosensorik und Optoelektronische Sensorsysteme.

Lehrveranstaltung: Grenzflächenphänomene
EDV-Bezeichnung: EITM 131S
Dozent/in: Prof. Dr. Markus Graf
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik

Lehrsprache: Deutsch
<p>Inhalte:</p> <p>Vermittelt werden die theoretischen Modelle und materialwissenschaftlichen Randbedingungen zur Beschreibung der</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grenzflächenpotentialgenerierung</li> <li>• elektrochemischen Vorgänge an Elektrolyt / Elektroden-Grenzflächen</li> <li>• Signalentstehung von pH-ISFETs</li> <li>• Gas-Adsorptions- / Desorptionsprozesse an Festkörperoberflächen incl. katalytischer Aspekte</li> <li>• Sorptionsisothermen von porösen Festkörpern (Kapillarität) im Hinblick auf ein theoretisch fundiertes Verständnis für Aspekte der Bodenfeuchte-Sensorik</li> <li>• Physikalisch-chemischen Prozesse an Halbleiter / Gas-Grenzflächen im Hinblick auf das vertiefte Verständnis der Eigenschaften von Metalloxid-Gassensoren</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Vielfältigste Unterlagen, die über die Online-Lehrplattform ILIAS zum Download angeboten werden Ein für die Vorlesung Grenzflächenphänomene geeignetes Lehrbuch gibt es bisher nicht auf dem Markt. Hilfreich für das Selbststudium sind:</p> <p>Butt, Graf, Kappl: <i>Physics and Chemistry of Interfaces</i>, VCH-Verlag</p> <p>P.W. Atkins: <i>Physikalische Chemie</i>, Wiley-VCH</p>
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Spezielle Transportphänomene</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 132S
Dozent/in: Prof. Dr. Christian Karnutsch
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Transportprozesse (Diffusion, Wärmeleitung, Viskosität)</li> <li>• Herleitung der kinetischen Gastheorie aus mikroskopischen Überlegungen</li> <li>• Vertiefung der theoretischen Betrachtung von Transportphänomenen anhand des detaillierten Fallbeispiels, Organische optoelektronische Halbleiterbauteile</li> </ul>
Empfohlene Literatur: siehe oben
Anmerkungen: -

### 3.4.4 Theoretische Aspekte der Sensorik II

#### Modulname: Theoretische Aspekte der Sensorik II

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 140S
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Thomas Westermann
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Mathematik und Physik auf Bachelor-Niveau
Voraussetzungen nach SPO: keine
<p>Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben die Studierenden Kenntnisse über die Beschreibung quantenmechanischer Systeme</li> <li>• haben die Studierenden ein Verständnis über die quantisierte Form elektromagnetischer Wellen (Photonen) und deren Wechselwirkung mit Materie</li> <li>• werden die Studierenden in die Lage versetzt, Sensorprinzipien auf der Basis theoretischer Modelle zu verstehen und zu analysieren, wodurch sie ein tieferes Verständnis über die zugrunde liegenden physikalischen Mechanismen gewinnen</li> <li>• können die Studierenden die Modelle der physikalischen Sensoren in ein Simulationsmodell umsetzen</li> <li>• sind die Studenten in der Lage die Simulationen mit dem finiten Element-Programm ANSYS durchzuführen</li> <li>• können die Studierenden die aus Simulationen gewonnenen Erkenntnisse kritisch bewerten und beurteilen</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, verschiedene Phänomene unter Zuhilfenahme theoretischer Modelle zu vernetzen und auf diese Weise das Wissensgebiet zu strukturieren</li> <li>• werden die Studierenden auch für anspruchsvollere Aufgaben in der Entwicklung von Sensoren qualifiziert</li> <li>• werden die Studierenden im Rahmen von Übungen in die Lage versetzt, Themen aus der Vorlesung darzustellen und zu transportieren, Problemstellungen zu erfassen und zu diskutieren sowie diese methodisch zu lösen. Darüber hinaus erlangen sie dabei auch soziale Kompetenzen im Umfeld von Lernsituationen</li> </ul>
<p>Prüfungsleistungen:</p> <p>Schriftlichen Modulprüfung, bestehend aus EITM141S und EITM142S (benotet), 120 min Dauer.</p>
<p>Verwendbarkeit:</p> <p><i>Allgemein:</i> Das Lernziel ist die Vermittlung physikalischer Modellbildung samt der numerischen Simulation mit Hilfe von finiten Element-Programmen. Neben der Modellbildung und Simulation physikalischer Sensoren wird im Besonderen auf theoretische Aspekte aus dem Bereich der Festkörperphysik, im Besonderen der Halbleiterphysik, eingegangen</p> <p><i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Im Vergleich zu Veranstaltungen aus dem Bachelor-Studiengang Sensorik werden in diesem Modul vermehrt auf theoretische Betrachtungen Wert gelegt. Die Inhalte dieser Veranstaltung unterstützen das Modul Physikalische und chemische Sensorik (EMS110), darüber hinaus bauen die Module Bio-, Chemo- und Strahlungssensorik (EMS210) und Optische Sensorik (EMS220, Veranstaltung Optoelektronische Sensorsysteme) auf dem Wissen, das in diesem Modul vermittelt wird, auf.</p>

<b>Lehrveranstaltung: Modellbildung und FEM-Simulation</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 141S
Dozent/in: Prof. Dr. Thomas Westermann
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Methode der finiten Differenzen</li> <li>• Iterative Verfahren zum Lösen von LGS</li> <li>• Die Methode der finiten Elemente</li> <li>• Finite Element Simulationen mit ANSYS</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Westermann, T.: <i>Modellbildung und Simulation</i> , Springer 2010 Munz, C.-D.; Westermann, T.: <i>Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen</i> , Springer 2006 Fröhlich, P.: <i>FEM-Leitfaden</i> , Springer 1995
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Festkörperphysik</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 142S
Dozent/in: Prof. Dr. Roland Görlich
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspekte der „Modernen Physik“ (Quantentheorie)</li> <li>• Photonen und optische Sensoren, LASER</li> <li>• Prinzipien der Festkörpertheorie, im Besonderen auf dem Gebiet der Halbleiter</li> <li>• Diffusionstheorie auf der Basis von Master-Gleichungen</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Foliensammlung und Übungen zur Vorlesung Feynman, Richard P.; Leighton, Robert B.; Sands, Matthew: <i>Feynman-Vorlesungen über Physik, Band 2: Elektromagnetismus und Struktur der Materie</i> , 5. Auflage, o.O., Oldenbourg Verlag, 2007 Feynman, Richard P.; Leighton, Robert, B.; Sands, Matthew: <i>Feynman-Vorlesungen über Physik, Band 3: Quantenmechanik</i> , 5. Auflage, o.O., Oldenbourg Verlag, 2007 Greiner, Walter: <i>Theoretische Physik, Band 4: Quantenmechanik</i> 6. Auflage, Frankfurt, Verlag Harri Deutsch Hoffmann, P.: <i>Solid State Physics</i> , 1. Auflage, Weinheim, Wiley-VCH Kittel, Charles: <i>Einführung in die Festkörperphysik</i> , 14. Auflage, München, Oldenbourg Verlag Kittel, Charles; Krömer, Herbert: <i>Thermodynamik</i> , 5. Auflage, München, Oldenbourg Verlag Ziman, J.M.: <i>Prinzipien der Festkörpertheorie</i> , 2. Auflage, Thun und Frankfurt, Verlag Harri Deutsch Schaumburg, Hanno: <i>Werkstoffe und Bauelemente der Elektrotechnik, Band 2: Halbleiter</i> , Auflage 1991, Stuttgart, Teubner Verlag

<p>Schaumburg, Hanno: <i>Werkstoffe und Bauelemente der Elektrotechnik, Band 3: Sensoren</i>, Auflage 1992, Stuttgart, Teubner Verlag</p> <p>Rudden, M.N.; Wilson, J.: <i>Elementare Festkörpertheorie und Halbleiterelektronik</i>, 1. Auflage, o.O., Spektrum Akademischer Verlag</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.4.5 Bio- Chemo- und Strahlungssensorik

#### Modulname: Bio-, Chemo- und Strahlungssensorik

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 210S
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Karsten Pinkwart
Modulumfang (ECTS): 5 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Physik, Chemie, Physikalische Chemie, Elektronik, Physikalische Sensoren, Chemosensorik
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen und verstehen die vielfältigen nicht-optischen Sensorprinzipien zur Bestimmung chemischer und biochemischer Größen in unterschiedlichen Applikationsfeldern</li> <li>• haben ein vertieftes Wissen hinsichtlich der Materialien, auf denen die Sensortechnologien beruhen, das sie befähigt, ihre wissenschaftliche Entwicklung später mit einem Promotionsstudium fortzusetzen</li> <li>• sind in der Lage, selbständig ein geeignetes Sensorprinzip nach den Anforderungen der Aufgabenstellung auszuwählen</li> <li>• können aufgrund ihrer Spezialkenntnisse die Stärken und Schwächen verschiedener, ggfls. alternativer Sensorkonzepte aufgrund wissenschaftlicher Überlegungen abwägen und können auf diese Weise eine wissenschaftlich fundierte Auswahl treffen</li> <li>• sind aufgrund wissenschaftlicher Spezialkenntnisse befähigt, das Zusammenwirken von Sensoreigenschaften und -einsatzbedingungen zu beschreiben</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die Kenntnisse der Studierenden werden anhand einer schriftlichen Klausur von 120 min Dauer bewertet.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Dieses Modul vermittelt den Studierenden theoretische Modelle zu einer Vielzahl von Sensorkonzepten zur Erfassung (bio)chemischer und Strahlungsgrößen, die sich in den letzten Jahren etablieren konnten. Neben den Sensorprinzipien werden auch die Materialien vorgestellt und deren besondere Eigenschaften im Hinblick auf das sensorische Messprinzip diskutiert. Auch neuere Technologietrends und Forschungsergebnisse auf diesem noch jungen, sich schnell weiterentwickelnden Technologiefeld werden angesprochen. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Dieses Modul greift auf ein breites naturwissenschaftliches und ingenieurwissenschaftliches Fundament an Wissen und Fertigkeiten zurück. Es knüpft an Kenntnisse und Fertigkeiten aus den Master-Vorlesungen EITM111S, EITM112S, EITM121S und EITM131S an und ist als Ergänzung zu den Veranstaltungen im Modul EITM230S zu sehen.

Lehrveranstaltung: Bio- und Chemosensorik
EDV-Bezeichnung: EITM 211S
Dozent/in: Prof. Dr. Karsten Pinkwart
Umfang (SWS): 2

Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
<p>Inhalte:</p> <p>Die Vorlesung führt die Vorlesung EITM112S mit den Inhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theorie zur Kalibration und Bestimmung der chemischen Messgrößen von Gelöst-Sauerstoff-Sensoren</li> <li>• Vertiefung der Vorlesungen zur Metalloxid-Gassensorik im Hinblick auf Materialfragen und theoretischem Verständnis</li> <li>• Vertiefung der theoretischen Kenntnisse zum Verständnis der Eigenschaften von Gassensoren, die nach dem Wärmetönungsprinzip arbeiten</li> <li>• Vermittlung von Spezialkenntnissen über Aufbau, Funktionsweise und Eigenschaften von Elektrochemischen Gasmesszellen</li> <li>• Theoretische Kenntnisse zur Desinfektion von Wässern und zugehörige Sensorik zur Einstellung der Desinfektionswirkung</li> </ul> <p>fort und wird in der zweiten Semesterhälfte durch Vorlesungen zur Biosensorik mit den Inhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herausarbeitung der Besonderheiten der biochemischen Sensoren als eine Unterklasse der chemischen Sensoren und den damit notwendigen Transduktionsverfahren</li> <li>• Gegenüberstellung der biokatalytischen und Bioaffinitätssensoren und Erarbeitung der spezifischen Kenntnisse zu Antikörpern und Enzymen</li> <li>• Vermittlung der Möglichkeiten zur Anbindung der Biomoleküle an eine Sensoroberfläche mittels Self Assembly Monolayers (SAM) und Langmuir-Blodgett-Layers (LBL)</li> <li>• Darstellung der Routineschritte zum vollständigen Aufbau eines Biosensors am Beispiel der Sensorik von Nitroaromaten</li> <li>• Auseinandersetzung mit den verschiedenen Transduktionsverfahren am Beispiel der biosensorischen Erfassung von <math>\beta</math>-D-Glucose als der weltweit häufigste Biosensor</li> </ul> <p>weitergeführt und zum Abschluss gebracht.</p>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Vorlesungspräsentationen (Vorlagen)</p> <p>P. Atkins: <i>Physikalische Chemie</i>, VCH</p> <p>Schanz: <i>Sensortechnik</i></p> <p>Schiessle: <i>Sensortechnik und Meßwertaufnahme</i></p> <p>Ein adäquates Lehrbuch mit dem nötigen Vertiefungscharakter zur Vorlesung EITM211S ist international nicht verfügbar. Die Lehrinhalte stammen weitestgehend aus der Primärliteratur.</p> <p>Englischsprachige Fachliteratur zu ausgewählten Themen:</p> <p>Mirsky; Ultrthin: <i>Electrochemical Chemo- and Biosensors</i></p> <p>Gründler: <i>Chemische Sensoren</i></p>
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Strahlungssensorik</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 212S
Dozent/in: Prof. Dr. Michael Bantel
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch

<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theoretische Modelle zum Atomaufbau und zur Struktur des Atomkerns</li> <li>• Vertiefung der theoretischen Kenntnisse zur Entstehung von Strahlung aus verschiedenen Quellen, Laser</li> <li>• Struktur der Nukleonen, Quarks und Leptonen, fundamentale Wechselwirkungen</li> <li>• Einführung der Dunklen Energie und Materie - theoretische Begründung von deren Notwendigkeit</li> <li>• Strahlung aus Kernzerfällen - <math>\alpha, \beta, \gamma</math>, n-Strahlung, Energiegewinnung</li> <li>• Vertiefung der Kenntnisse über die Wechselwirkung von <math>\alpha, \beta, \gamma</math>, n-Strahlung mit Materie</li> <li>• Vermittlung von Spezialkenntnissen zum Aufbau und zur Arbeitsweise von Sensoren zur Messung von Strahlung:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gassensoren:                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ionisationskammer</li> <li>▪ Proportionalzählrohr</li> <li>▪ Geiger-Müller Zählrohr</li> </ul> </li> <li>○ Szintillationsdetektoren:                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Szintillatoren</li> <li>▪ Photodioden</li> <li>▪ Photomultiplier</li> </ul> </li> <li>○ Halbleiterdetektoren:                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si-Sperrschichtdetektor</li> <li>▪ Ge – Detektor, <math>\gamma</math>-Spektroskopie</li> <li>▪ Ortsauflösende Si (Streifen-)Detektoren</li> </ul> </li> <li>○ Multichannelplate, Bildverstärker</li> </ul> </li> <li>• Sensorkombinationen zur Messung hochenergetischer Teilchen</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Vorlesungspräsentationen (Vorlagen)</p> <p>K. Kleinknecht: <i>Detektoren für Teilchenstrahlung</i>, Springer</p> <p>G.F. Knoll: <i>Radiation Detection and Measurement</i>, Wiley</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.4.6 Optische Sensorik

Modulname: Optische Sensorik
<b>Modulübersicht</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 220S
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Christian Karnutsch
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Physikalische Sensorsysteme, Optofluidic Microsystems, Festkörperphysik
Voraussetzungen nach SPO: keine
<p>Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Modules</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• besitzen die Studierenden die Fähigkeiten zu Konzeption und Realisierung optoelektronischer Sensor- und Bildverarbeitungssysteme</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage zur ganzheitlichen Betrachtung und fachübergreifenden Analyse von Problemstellungen in der optoelektronischen Sensorik und digitalen Bildverarbeitung durch Kompetenzen im Bereich der Mustererkennung</li> <li>• kennen die Studierenden die fachübergreifende, systembezogene, der schnellen technologischen Entwicklung Rechnung tragende Methodenkompetenz im Bereich optoelektronischer Sensor-, digitaler Bildverarbeitungssysteme und in der Mustererkennung</li> <li>• sie können die Funktionsweise von Filterbänken anhand des Beispiels der Haar-Filterbank erklären. Sie kennen die Qualitätskriterien für Filterbänke und können die Nachteile des Haar-Wavelets benennen.</li> <li>• sie kennen die Konstruktionsmethode für Filter zu biorthogonalen Wavelets und können die wichtigsten Beispiele benennen.</li> <li>• die Studierenden können das Lifting-Schema anhand des Beispiels des Lazy-, des Haar- und des Hut-Wavelets erklären. Sie können darauf aufbauend das Prinzip der entsprechenden Verallgemeinerung auf Deslauriers-Dubuc-Filter erklären.</li> </ul>
<p>Prüfungsleistungen:</p> <p>Die Kenntnisse der Studierenden werden anhand einer schriftlichen Klausur von 120 min Dauer bewertet.</p>
<p>Verwendbarkeit:</p> <p><i>Allgemein:</i> Erwerb von Kenntnissen über theoretische Grundlagen, Funktionsweisen und Anwendungsgebiete von optoelektronischen Sensor- und Bildverarbeitungssystemen. Die Studierenden lernen eine komplette Bildverarbeitungskette selbstständig aufzubauen und die Grundlagen wichtiger Verfahren der Mustererkennung und der Klassifikation von Mustern kennen.</p> <p><i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Diese Veranstaltung baut auf dem in den Physikalischen Sensorsystemen, Optofluidic Microsystems und der Festkörperphysik erworbenem Wissen auf und vermittelt spezialisierte vertiefte Kenntnisse in den Bereichen Bildverarbeitung, Mustererkennung und optoelektronischen Sensorsystemen, die z. B. in der physikalischen, der Bio- und Chemosensorik sowie der Umwelttechnologie zur Anwendung gebracht werden können. Die Mustererkennung ergänzt die Inhalte der digitalen Bildverarbeitung, indem sie auch allgemeinere Signale betrachtet, die nicht aus dem Gebiet der digitalen Bildaufnahme stammen.</p>

<b>Lehrveranstaltung: Optoelektronische Sensorsysteme</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 221S
Dozent/in: Prof. Dr. Christian Karnutsch
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktive und passive Komponenten der optoelektronischen Sensorik</li> <li>• Anwendung von Lichtleitfaserkomponenten in optischer Messtechnik und Sensorsystemen</li> <li>• Intensitätsbeeinflussende und spektraloptische Sensoren</li> <li>• Interferometrische Sensorsysteme</li> <li>• Faseroptische Bragg-Gitter, Fasergyroskop</li> <li>• Photoakustische Spektroskopie</li> <li>• Polarisationsoptische Messsysteme</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Vorlesungsskripte Pedrotti, Bausch, Schmidt: <i>Optik für Ingenieure</i> , Springer 2007 Haus J: <i>Optical Sensors: Basics and Applications</i> , Wiley-VCH Verlag 2010 Reider G A: <i>Photonik</i> , Springer University Press 2013 Decoster, Harari: <i>Optoelectronic Sensors</i> , Wiley 2009 Rahves, Seewig: <i>Optisches Messen technischer Oberflächen: Messprinzipien und Begriffe</i> , Beuth 2009 López-Higuera J M: <i>Handbook of optical fibre sensing technology</i> , Wiley 2002 Saleh, Teich: <i>Grundlagen der Photonik</i> , Wiley-VCH Verlag 2008
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Mustererkennung und Bildverarbeitung</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 222S
Dozent/in: Prof. Dr. Christian Langen
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wavelets und Filterbänke: Analogie zu Fourier-Reihen, das Haar-Wavelet mit zugehöriger Filterbank, Beschreibung von Filtern durch die Impulsantwort, deren z-Transformierte und Matrizen, Multiraten-Abtastsysteme</li> <li>• Zweikanal-Filterbank, Bedingung der perfekten Rekonstruktion, Qualitätskriterien</li> <li>• Das Lifting-Schema, Deslauriers-Dubuc-Filter</li> <li>• Kantendetektion, Glättung, Entrauschen und Bildkompression</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Vorlesungsskripte P. S. Addison: <i>The Illustrated Wavelet Transform Handbook. Introductory Theory and Applications in Science, Engineering and Finance</i> . Taylor & Francis, 2002. J. Bergh, F. Ekstedt, M. Lindberg: <i>Wavelets mit Anwendungen in Signal- und Bildverarbeitung</i> . Springer,

<p>2007.</p> <p>G. S. Burrus, R. A. Gopinath, H. Guo: Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms. A Primer. Prentice-Hall, 1998.</p> <p>A. Jensen, A. la Cour-Harbo: Ripples in Mathematics. The Discrete Wavelet Transform. Springer, 2001.</p> <p>S. Mallat: A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way. Academic Press (2008).</p> <p>H.-G. Stark: Wavelets and Signal Processing. An Application-Based Introduction. Springer, 2005.</p> <p>M. Vetterli, J. Kovančević: Wavelets and Subband Coding. Prentice-Hall, 1995.</p>
<p>Anmerkungen: -</p>

### 3.4.7 Umwelttechnologie

#### Modulname: Umwelttechnologie

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 230S
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Hoinkis
Modulumfang (ECTS): 5 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlagen der Physik, Chemie und physikalischen Chemie
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen die grundlegenden Wechselwirkungen von ionisierender Strahlung auf Materie / biologisches Gewebe sowie die Größen und Begriffe des Strahlenschutzes. Sie können einfache Berechnungen zu Strahlungsquellen, Dosen und Abschirmungen durchführen.</li> <li>Die Studierenden kennen die Anwendungen ionisierender Strahlung in der Medizin, in der Präzisionsanalytik (Spektroskopie) und im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung. Sie erhalten Kompetenz in Auswahl bzw. Einsatz der der Messaufgabe angepassten und erforderlichen Sensorik zur Überwachung und Vermeidung hoher Schadgasemissionen.</li> <li>Die Studierenden sind mit den Grundlagen der Abwasser- und Abluftreinigung sowie Abfallentsorgung vertraut und kennen die hierbei eingesetzten, wichtigsten Verfahren.</li> <li>Die Studierenden können bei Abwasser- und Abluftproblemen entsprechende Reinigungsverfahren auswählen und anwenden.</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die Kenntnisse der Studierenden werden anhand einer schriftlichen Modulprüfung von 120 min Dauer bewertet.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i>

Lehrveranstaltung: Umweltsensorik
EDV-Bezeichnung: EITM 231S
Dozent/in: Prof. Dr. Bantel, Prof. Dr. Schönauer, Prof. Dr. Hoinkis
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: Arten von Strahlung, Quellen, Wechselwirkungen; Größen und Begriffe des Strahlenschutzes; Wirkung auf den Menschen, Abschirmungen, Reichweiten; Strahlentherapie; spektroskopische Analyseverfahren; radiologische Mess- und Prüfverfahren. Grundlagen der Abgas-Entstehung in Benzin- und Diesel-Motoren, Katalytische Nachbehandlung, Emissions-Grenzwerte, Abgassensoren und Motorsteuerung, On-Board-Diagnose (OBD), Kohlen-

wasserstoff Sensoren, NOx-S., Temperatur-S., Sauerstoff-S. etc., Niederemissions-KFZ, Strategien und Rolle der Sensorik in der Verbrauchsreduktion.
<p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Vorlesungsskripte Umweltsensorik und Empfehlung folgender Lehr- bzw. Fachbücher:  Vogt, H-G.; Schultz, H.: <i>Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes</i>, Hanser-Verlag  Gruppen, C.: <i>Grundkurs Strahlenschutz</i>, Springer-Verlag  Stegemann, D.: <i>Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Radiografie und Radioskopie</i>, Teubner-Verlag  Schultes, M.: <i>Abgasreinigung</i>, Springer  Hagelüken; C.; et al.: <i>Autoabgaskatalysatoren, Grundlagen, Herstellung, Entwicklung, Recycling, Ökologie</i>, Expert  Klingenberg H.: <i>Automobile Exhaust Emission Testing</i>, Springer-Verlag  Bauer, H., et al.: <i>Sensoren im Kraftfahrzeug</i>  Kiencke, U.; et al.: <i>Automotive Control Systems</i>, Springer Verlag  <i>Kraftfahrtechnisches Taschenbuch</i>; Robert Bosch GmbH, Vieweg  Hoinkis, J.; Lindner, E.: <i>Chemie für Ingenieure</i>, Wiley-VCH  Bank, M.: <i>Basiswissen Umwelttechnik</i>, Vogel  Mehlin, T.; Rautenbach, R.: <i>Membrantechnik</i>, Springer Verlag</p>
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Umwelttechnik</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 232S
Dozent/in: Prof. Dr. Bantel, Prof. Dr. Schönauer, Prof. Dr. Hoinkis
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Sensorsystemtechnik, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abwasserinhaltsstoffe, Ökotoxikologie, Grundlagen der biologischen Abwasserreinigung, chemisch / physikalische Abwasserreinigung, Grundlagen der Membranfiltrationstechnik, Grundlagen der Abluftreinigung, Automobilkatalysator, Abluftreinigung in Kraftwerken, Abfallentsorgung</li> </ul>
Empfohlene Literatur: siehe oben
Anmerkungen: -

## 3.5 Studienrichtung Elektromobilität und Autonome Systeme

### 3.5.1 Elektrische Antriebe

Modul EITM 110M.

Siehe gleiches Modul (EITM 110E) in der Studienrichtung „Energietechnik und Erneuerbare Energien“

### 3.5.2 Switched Mode Power Supplies

#### Module title: Switched Mode Power Supplies

Module summary
Module code: EITM 120M
Module coordinator: Prof. Dr. Alfons Klönne
Credits (ECTS): 5 CP workload: in lecture 60 h, independent study time 90 h
Semester: 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> semester
Pre-requisites with regard to content: Electronics, Power Electronics, Control Engineering
Pre-requisites according to the examination regulations: none
Competencies: Upon successful completion the student <ul style="list-style-type: none"> <li>• understands the functionality and the components of switching power supplies</li> <li>• has an overview of non-isolated and isolated power supplies</li> <li>• is able to design and calculate switching power supplies in DCM and CCM</li> <li>• can efficiently design power inductors and high-frequency magnetics for switching power supplies</li> <li>• can apply control strategies to stabilize the output voltage</li> </ul>
Assessment: Assessment is done by either a written exam (90 minutes) or an oral examination (20 minutes). The form of examination will be announced at the beginning of the semester
Usability: <i>General:</i> The module provides a theoretical understanding of DC-DC converter principles, their application and design. It takes into consideration not only typical steady state continuous conduction mode (CCM), but also the partial load operating point in discontinuous conduction mode (DCM). <i>Connection with other modules:</i> Switched Mode Power Supplies focusses on calculation and design of power supplies. Starting from basic, not galvanically isolated, DC-DC converters and lossless switching the theory behind power supplies is presented. Thereafter, the main principles are transferred to more complex galvanically isolated dc/dc power supplies regarding also parasitic effects. As a typical DC-DC converter normally uses a wide-range input, it is also point of interest to determine the maximum point of converter stress during a particular design step.

Course: Switched Mode Power Supplies
Module code: EITM 120A
Lecturer: Prof. Dr. Alfons Klönne

Contact hours: by arrangement
Semester of delivery: yearly, winter semester
Type/mode: lecture 4h/week; mandatory in the study field E-Mobility and Autonomous Systems, optional in the other study fields of the program
Language of instruction: English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
<p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principles of Switching Power Conversion</li> <li>• Role of Power Supply within power system</li> <li>• Fundamentals of Pulsewidth Modulated Switching Power Supplies</li> <li>• Basic Switching Circuits in CCM and DCM (Charge Pumps, Buck Converter, Boost Converter, Inverting Boost Converter, Buck-Boost Converter, Transformer Isolated Converters)</li> <li>• Transformer-Isolated Circuits in CCM and DCM (Feedback Mechanism, Flyback Circuit, Forward Converter, Push-Pull Circuits, Half Bridge Circuits, Full Bridge Circuits)</li> <li>• Quasi Resonant Converters</li> <li>• Magnetic Components</li> <li>• Power Stage Transfer Function</li> <li>• Compensation in Switching Regulator Design</li> <li>• Voltage and Current Control</li> </ul>
<p>Recommended reading:</p> <p>Pressman, A; Billings, K.; Morey, T: <i>Switching Power Supply Design</i>, Verlag McGraw-Hill, 2009</p> <p>Billings, K.: <i>Switchmode Power Supply Handbook</i>, McGraw-Hill, 1999</p> <p>Maniktala, S.; <i>Switching Power Supplies: A to Z</i>, Verlag Newnes, 2006</p> <p>Erickson, R.W.; Maksimovic, D.: <i>Fundamentals of Power Electronics</i>, Verlag Springer, 2001</p> <p>Mohan N., Undeland, T., Robbins, W.: <i>Power Electronics, Converters, Application and Designs</i>, Wiley Verlag, 2002</p> <p>Sandler, St.: <i>Switchmode Power Supply Simulation</i>, Verlag MCGraw-Hill, 2006</p> <p>Brown, M.: <i>Power Supply Cookbook</i>, Verlag Newnes, 2002</p> <p>Schlienz, U.: <i>Schaltnetzteile und ihre Peripherie: Einsatz, Dimensionierung, EMV</i>, Vieweg Verlag, 2012</p>
Comments: -

### 3.5.3 Radarsysteme

#### Modulname: Radarsysteme

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 130M
Modulverantwortlicher: Prof. Dr. Serdal Ayhan
Modulumfang (ECTS): 5 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Grundkenntnisse der Hochfrequenztechnik
Voraussetzungen nach SPO: keine
<p>Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen und verstehen die Studierenden die wichtigsten Grundlagen der Radartechnik.</li> <li>• haben die Studierenden ein Verständnis über die Ausbreitung und die Reflexion von elektromagnetischen Wellen.</li> <li>• sind die Studierenden mit den unterschiedlichen Radarverfahren bzw. Radarsystemen vertraut und insbesondere für den Anwendungsfall im Automotive-Bereich spezialisiert.</li> <li>• können die Studierenden die wichtigsten Messgrößen des Radarsensors beschreiben und Zusammenhänge zwischen den Sensorengrößen ziehen.</li> <li>• kennen die Studierenden die wichtigsten Systemkomponenten eines Radarsensors und können das Funktionsprinzip auch auf andere Bereiche der Hochfrequenztechnik übertragen.</li> <li>• sind sie mit der gesamten Signalverarbeitungskette eines Radarsensors von der Vorsignalverarbeitung zur Erzeugung einer Punktwolke bis hin zur Nachsignalverarbeitung auf Objektebene vertraut.</li> <li>• verstehen die Studierenden die unterschiedlichen Einflüsse auf die Messergebnisse eines Radarsensors und können Hardware-, Software- und Umgebungseinflüsse analysieren und einordnen.</li> <li>• sind die Studierenden in der Lage, entsprechend der Anwendung die Anforderungen an die Hardware und die Signalverarbeitung eines Radarsensors abzuleiten und dadurch Radarsensoren auf dem Markt zu bewerten und auszuwählen.</li> </ul>
<p>Prüfungsleistungen:</p> <p>Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 90 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 20 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.</p>
<p>Verwendbarkeit:</p> <p><i>Allgemein:</i></p> <p>Das Ziel des Moduls ist die Vermittlung von allgemeinen und speziellen Kenntnissen im Bereich der Radartechnik auf System- und auf Komponentenebene. Insbesondere wird der Bereich der Signalverarbeitung zur Auswertung der Radarsignale über die gesamte Verarbeitungskette vorgestellt. Durch die erlangten Spezialkenntnisse sind die Studierenden in der Lage, die Radartechnik für unterschiedliche Anwendungen einzusetzen und in diesem Bereich auch Entwicklung zu betreiben.</p> <p><i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i></p>

Die Vorlesung ergänzt die Kenntnisse der Studierenden im Bereich der Hochfrequenztechnik und der digitalen Signalverarbeitung durch die Anwendung dieser Kenntnisse im Bereich des Radars. Zudem wird eine Sensortechnologie vorgestellt, die noch nicht in einem anderen Modul des Studiengangs behandelt wird, aber für die Zukunft des autonomen Fahrens auf Straßen von wesentlicher Bedeutung ist.

<b>Lehrveranstaltung: Radarsysteme</b>
EDV-Bezeichnung: EITM 130M
Dozent/in: Prof. Dr. Serdal Ayhan
Umfang (SWS): 4
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Elektromobilität und Autonome Systeme, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersicht der Sensoren im Automotive-Bereich und Einordnung der Radartechnik</li> <li>• Radartechnik im Automotive-Bereich</li> <li>• Ausbreitung und Reflektion elektromagnetischer Wellen</li> <li>• Radargrundlagen (Radargleichung, Doppler)</li> <li>• Radarrückstreuquerschnitt (RCS)</li> <li>• Radarverfahren: Puls, CW, FMCW, Fast-Chirp, PN, OFDM</li> <li>• ISM-Bänder</li> <li>• Radarsystemmodell, Systemkomponenten und Signalerzeugung mit PLL</li> <li>• Signalverarbeitung zur Abstands-, Geschwindigkeits-, Winkelschätzung</li> <li>• Signalverarbeitung auf höherer Ebene (Clustering, Tracking, Lokalisierung)</li> <li>• CFAR-Verfahren</li> <li>• MIMO-Radar</li> <li>• Ausgewählte Themen: Linearität, SNR, Phasenrauschen und Interferenz</li> </ul>
Empfohlene Literatur: <p>Merrill I. Skolnik: Radar Handbook. McGraw-Hill.</p> <p>Alexander Ludloff: Praxiswissen Radar und Radarsignalverarbeitung. Vieweg+Teubner Verlag.</p> <p>Jürgen Göbel: Radartechnik: Grundlagen und Anwendungen. VDE.</p> <p>Jürgen Detlefsen: Radartechnik - Grundlagen, Bauelemente, Verfahren, Anwendungen. Springer Verlag.</p>
Anmerkungen: Laborversuche mit Radarsensoren und Matlab-Simulationen sind Teil der Vorlesung

### 3.5.4 Advanced Control

Modulname: EITM 210M.

Siehe gleiches Modul (EITM 220A) in der Studienrichtung „Automatisierungstechnik“

### 3.5.5 Signalprocessing for Autonomous Systems

#### Module title: Signal Processing for Autonomous Systems

<b>Module summary</b>
<b>Module code:</b> EITM 220M
<b>Module coordinator:</b> Prof. Dr. Jan Bauer
<b>Credits (ECTS):</b> 5 CP workload: in lecture 60 h, independent study time 90 h
<b>Semester:</b> 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> semester
<b>Pre-requisites with regard to content:</b> System Theory, Linear Algebra, Image Processing
<b>Pre-requisites according to the examination regulations:</b> none
<b>Competencies:</b> Upon successful completion, the students <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the required sensory hardware (camera, radar, lidar) and its required functionality of autonomous vehicles</li> <li>• are able to assess the communication architecture of autonomous vehicles</li> <li>• understand the safety requirements for electrical systems in vehicles</li> <li>• can design protected data and video transmission for safety systems</li> <li>• can prepare video content for the driver, transmission-technology and processing systems (e.g., content aware video enhancement, denoising, data reduction, compression)</li> <li>• the possibilities of neural networks for autonomous cars (e.g., object- or lane detection)</li> <li>• are aware of different hardware possibilities for signal processing in autonomous cars</li> </ul>
<b>Assessment:</b> Assessment is done by either a written exam (90 minutes) or an oral examination (20 minutes) or a combination/selection of assignment, term paper and/or course project. The form of examination will be announced at the beginning of the semester
<b>Usability:</b> <i>General:</i> The module provides the foundations of signal processing for autonomous systems on the example of autonomous vehicles. The course content is based on the scientific fundamentals and complements the modules of the specialization. <i>Connection with other modules:</i> Signal Processing is one of the key techniques used in modern vehicles to enable autonomous driving. Its applicability, however, is not limited to the area of autonomous vehicles, but has links to many areas of autonomous systems.

<b>Course: Signal Processing for Autonomous Systems</b>
<b>Module code:</b> EITM 221M
<b>Lecturer:</b> Prof. Dr. Jan Bauer
<b>Contact hours:</b> by arrangement
<b>Semester of delivery:</b> yearly, summer semester
<b>Type/mode:</b> lecture 2h/week; mandatory in the study field E-Mobility and Autonomous Systems, optional in the other study fields of the program
<b>Language of instruction:</b> English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
<b>Content:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Overview autonomous vehicles sensory hardware</li> <li>• Communication architecture design for autonomous vehicles</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Safety requirements for autonomous vehicles on the example of ASIL</li> <li>• Requirements for protected data communication in safety systems</li> <li>• Advanced image and video processing for autonomous systems</li> <li>• Hardware for signal processing in autonomous systems</li> </ul>
<b>Recommended reading:</b> Rafael C. Gonzalez: <i>Digital Image Processing</i> , Pearson; 4. Edition, 2017 Rudolf Kruse: <i>Computational Intelligence: Eine methodische Einführung in Künstliche Neuronale Netze, Evolutionäre Algorithmen, Fuzzy-Systeme und Bayes Netze</i> Springer Vieweg, 2015.
Comments: -

<b>Course: Laboratory Signal Processing for Autonomous Systems</b>
<b>Module code:</b> EITM 222M
<b>Lecturer:</b> Prof. Dr. Jan Bauer
<b>Contact hours:</b> by arrangement
<b>Semester of delivery:</b> yearly, summer semester
<b>Type/mode:</b> lecture 2h/week; mandatory in the study field E-Mobility and Autonomous Systems, optional in the other study fields of the program
<b>Language of instruction:</b> English or German; the course language will be announced at the beginning of the semester
<b>Content:</b> Experiments on <ul style="list-style-type: none"> <li>• architecture design for autonomous vehicles</li> <li>• image and video processing for autonomous systems on the example of offline image processing, realtime image processing and neural networks.</li> </ul>
<b>Recommended reading:</b> Rafael C. Gonzalez: <i>Digital Image Processing</i> , Pearson; 4. Edition, 2017 Rudolf Kruse: <i>Computational Intelligence: Eine methodische Einführung in Künstliche Neuronale Netze, Evolutionäre Algorithmen, Fuzzy-Systeme und Bayes Netze</i> Springer Vieweg, 2015.
Comments: -

### 3.5.6 Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

#### Modulname: Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 230M
Modulverantwortlicher: Prof. Dr. Karsten Pinkwart
Modulumfang (ECTS): 5 CP Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Physik und Labor, Elektronik und Labor, Messtechnik und Labor, Elektronik und Regelungstechnik
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls: Die Teilnehmenden erhalten einen praxisnahen Einblick in die aktuellen Anwendungsgebiete von Brennstoffzellen. Sie können den Aufbau und die Funktionsweise von elektrochemischen Energiewandlern erklären und besitzen Kenntnisse über Materialien, Konzepte, Messverfahren und Messdatenanalyse. Nach erfolgreichem Abschluss <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Studierenden die technischen Konzepte zum Aufbau von Energiesystemen mit dem Energieträger Wasserstoff.</li> <li>• kennen sie alle wichtigen Systemkomponenten von der Erzeugung, der Speicherung über die Wandlung bis hin zum Antriebsstrang in der mobilen Anwendung und verstehen deren Zusammenspiel</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die theoretischen Kenntnisse der Studierenden werden in einer schriftlichen Klausur (Dauer 90 min) oder in einer mündlichen Prüfung (Dauer 20 min) bewertet. Die Prüfungsart wird rechtzeitig zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Die Lehrinhalte bauen auf den naturwissenschaftlichen Grundlagen auf und ergänzen sich mit den Modulen der Vertiefungsrichtung. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i>

Lehrveranstaltung: Brennstoffzellen
EDV-Bezeichnung: EITM 231M
Dozent/in: Prof. Dr. Karsten Pinkwart
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Sommersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul für Studienrichtung Elektromobilität und Autonome Systeme, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen zu Brennstoffzellen               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Grundlagen Wasserstoff</li> </ul> </li> </ul>

<p>(Vorkommen, Thermodynamik, Stoffeigenschaften)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Erzeugung von Wasserstoff (Elektrolyse, Reformierung, Vergasung, Reinigung)</li> <li>○ Speicherung und Transport (gasförmig, flüssig, hybrid)</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Brennstoffzellen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Prinzip</li> <li>○ Typen</li> <li>○ Aufbau</li> <li>○ Einzelzelle</li> <li>○ Zellstapel</li> <li>○ BZ-System</li> </ul> </li> <li>● Charakterisierung von Brennstoffzellen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Stromdichte – Spannungskurven</li> <li>○ Leistungsdichte</li> </ul> </li> <li>● Anwendung in der Fahrzeugtechnik <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Antriebsstrangtypen</li> <li>○ Fahrzeuge</li> </ul> </li> <li>● Werkstoffe, Recht und Sicherheit</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● P. Kurzweil, O.K. Dietlmeier: Elektrochemische Speicher, 1.Auflage, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2015</li> <li>● P. Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, 2.Auflage, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2013</li> <li>● J. Töpler, J. Lehmann: Wasserstoff und Brennstoffzelle, 1. Auflage, Heidelberg, Springer Vieweg, 2013</li> <li>● J. Garche, C. K. Dyer, P.T. Moseley: Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, Elsevier Science,</li> <li>● R. Korthauer: Handbuch Lithium-Ionen-Batterien, 1. Auflage, Heidelberg, Springer Vieweg, 2013</li> </ul>
<p>Anmerkungen: -</p>

<p><b>Lehrveranstaltung: Labor Brennstoffzellen</b></p>
<p>EDV-Bezeichnung: EITM 232M</p>
<p>Dozent/in: Prof. Dr. Karsten Pinkwart</p>
<p>Umfang (SWS): 2</p>
<p>Turnus: jährlich, Sommersemester</p>
<p>Art und Modus: Labor; Pflichtmodul für Studienrichtung Elektromobilität und Autonome Systeme, Wahlmodul für die anderen Studienrichtungen des Masterstudiengangs Elektrotechnik</p>
<p>Lehrsprache: Deutsch</p>
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Vermittlung des Verhaltens von PEM Brennstoffzellen vergleichend zu Lithium-Ionen-Batterien und in elektrifizierten Fahrzeugen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Elektrofahrzeug (Rollenprüfstand)</li> <li>○ Prinzip und Nutzung von <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PEM Brennstoffzelle</li> <li>▪ Lithium-Ionen-Batterien</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wasserstoffbereitstellung - Elektrolyse</li> <li>○ Batteriemanagement</li> <li>○ Wirkungsgrade</li> <li>○ Simulation von Fahrzyklen, Datenerfassung und Analyse</li> </ul>
Empfohlene Literatur: <i>siehe zugehörige Vorlesung</i>
Anmerkungen: -

## 3.6 Allgemeine Module

### 3.6.1 Wissenschaftliches Arbeiten

#### Modulname: Wissenschaftliches Arbeiten

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 300
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Manfred Litzenburger
Dozenten: Professoren des Studiengangs, nach Vereinbarung
Modulumfang (ECTS): 5 CP in den Studienrichtungen Energietechnik und Erneuerbare Energien sowie Sensorsystem- technik 8 CP in den Studienrichtungen Informationstechnik und Automatisierungstechnik Arbeitsaufwand: Präsenzstudium 60 h, Eigenstudium 90 - 180 h
Einordnung (Semester): 1. oder 2. Semester
Sprache: Deutsch oder Englisch
Modus: Pflichtmodul in allen Studienrichtungen
Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlagen der Höheren Mathematik, Physik, Chemie, Elektrotech- nik, Programmierkenntnisse
Voraussetzungen nach SPO: keine
Kompetenzen: Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, selbständig eine Aufgabenstellung zu analysieren, die zur Lösung der Auf- gabe zur Verfügung stehenden Mittel (z.B. Messtechnik) einzuschätzen und daraus zielge- richtete Handlungen abzuleiten</li> <li>• können Entwicklungs- bzw. Forschungsstrategien entwickeln,</li> <li>• sind befähigt, einen eingegrenzten Projektabschluss unter Zuhilfenahme von Literatur und Einholung von Fachinformationen in einem vorgegebenen Zeitrahmen zu erreichen</li> <li>• haben gelernt, ein Entwicklungsprojekt nach wissenschaftlichen Standards zu dokumentie- ren</li> <li>• sind fähig, das Projekt hinsichtlich Vorgehensweise, Ergebnisdiskussion und Einordnung in allgemeinere Zusammenhänge anhand einer Präsentation darzustellen</li> </ul>
Inhalt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übernahme einer Projektaufgabe von einem Professor des Masterstudienganges</li> <li>• Eigene Vorüberlegungen / Strategien des / der Studierenden</li> <li>• Besprechung der Vorgehensweise mit dem Betreuer (Professor / Assistent)</li> <li>• Durchführung des Projektes unter Nutzung der Infrastruktur der Fakultät</li> <li>• Regelmäßige kleine Statusseminare</li> <li>• Wissenschaftliche Dokumentation</li> <li>• Vortrag</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die Kenntnisse der Studierenden werden anhand einer schriftlichen Ausarbeitung und eines Vor- trags (20 min) mit anschließendem Kolloquium bewertet.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Dieses Modul führt die Studierenden zur selbständigen Projektarbeit anhand einer ein- gegrenzten Aufgabe ohne Vorgabe der detaillierten Vorgehensweise.

*Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:* Dieses Modul eröffnet die Gelegenheit, die in den Vorlesungen erarbeiteten theoretischen Kenntnisse in einer vorgegebenen Aufgabenstellung umzusetzen und anhand von Literaturstudien und eigenen ggfls. experimentellen Arbeiten weiter auszubauen.

### 3.6.2 Wahlmodule

Siehe allgemeine Beschreibung im ersten Absatz auf S.5.

### 3.6.3 Master-Thesis

#### Modulname: Master-Thesis

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 550 Master-Thesis
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Manfred Litzenburger
Dozenten: Professoren des Studiengangs, nach Vereinbarung
Modulumfang (ECTS): 24 CP Arbeitsaufwand: Präsenzstudium 30 h, Eigenstudium 690 h
Einordnung (Semester): 3. Semester
Sprache: Deutsch oder Englisch
Modus: Pflichtmodul in allen Studienrichtungen
Inhaltliche Voraussetzungen: Inhalte des Masterstudiengangs
Voraussetzungen nach SPO: 50 CP erworben
Kompetenzen: Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, selbständig eine Aufgabenstellung mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten</li> <li>• können eine Aufgabenstellung analysieren und ihr Vorgehen strukturieren</li> <li>• sind fähig, eine Literaturrecherche durchzuführen, die Literatur auszuwerten, relevante Informationen zu extrahieren und Schlussfolgerungen für die eigene Arbeit zu ziehen</li> <li>• sind befähigt, ihr Wissen anzuwenden</li> <li>• sind in der Lage, ihre Ergebnisse in einer schriftlichen Ausarbeitung zu dokumentieren</li> </ul>
Inhalt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übernahme der Master-Thesis von einem Professor des Masterstudienganges</li> <li>• Eigene Vorüberlegungen / Strategien des / der Studierenden</li> <li>• Besprechung der Vorgehensweise mit dem betreuenden Professor</li> <li>• weitestgehend eigenverantwortliche Durchführung der Master-Thesis</li> <li>• Regelmäßige Besprechung der Vorgehensweise und der Zwischenergebnisse mit dem betreuenden Professor</li> <li>• Wissenschaftliche Dokumentation</li> <li>• Vortrag</li> </ul>
Prüfungsleistungen: Die Fähigkeiten der Studierenden werden anhand der schriftlichen Ausarbeitung bewertet. Die Präsentation der Ergebnisse ist Teil des Moduls Abschlussprüfung.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Selbstständige Bearbeitung eines Themas mit wissenschaftlichen Methoden in einer gegebenen Zeit. <i>Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:</i> Im Unterschied zur Projektarbeit wird die Master-Thesis eigenverantwortlich und ohne unzulässige fremde Hilfe durchgeführt.

### 3.6.4 Abschlussprüfung

#### Modulname: Abschlussprüfung

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: EITM 560 Abschlussprüfung
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. Manfred Litzenburger
Dozenten: Hauptbetreuer der Master-Thesis und mindestens ein weiterer Prüfungsberechtigter des Studiengangs
Modulumfang (ECTS): 6 CP Arbeitsaufwand: Eigenstudium 180 h
Einordnung (Semester): 3. Semester
Sprache: Deutsch oder Englisch
Modus: Pflichtmodul in allen Studienrichtungen
Inhaltliche Voraussetzungen: Inhalte des Masterstudiengangs
Voraussetzungen nach SPO: 50 CP erworben
Kompetenzen: Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, ihre Kenntnisse in einen größeren Zusammenhang zu stellen</li> <li>• können ihr Wissen vernetzen und fachübergreifend nutzen</li> <li>• sind fähig, ihr Wissen darzustellen</li> <li>• können ein Projekt und die erzielten Ergebnisse in einer Präsentation darstellen</li> </ul>
Inhalt: Vortrag und mündliche Prüfung
Prüfungsleistungen: Die Fähigkeiten der Studierenden werden anhand eines Vortrags (20Min.) und einer anschließenden mündlichen Prüfung (20 Min.) bewertet.
Verwendbarkeit: <i>Allgemein:</i> Darstellung und Zusammenfassung der im Studium erworbenen Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen.