

---

# Modulhandbuch

---

**Bachelor-Master-Studienprogramm Elektrotechnik**  
Version v2 (2012), v3 (2013), v4 (2014) ) und Version v5 (2016)  
(Bachelor: 6 Semester, Master: 4 Semester)

sowie

**Bachelor-Master-Teilzeitstudienprogramm Elektrotechnik**  
Version v1 (2012), v2 (2013) und Version v3 (2016)  
(Bachelor: 12 Semester, Master: 8 Semester)

**Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik der  
Universität Paderborn**

SS 2017  
Paderborn, 02. März 2017

## Inhaltsverzeichnis

<b>Modulhandbuch</b> .....	<b>1</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>1</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>4</b>
<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>4</b>
<b>Schema der Modulbeschreibungen</b> .....	<b>4</b>
<b>Schema der Lehrveranstaltungsbeschreibungen</b> .....	<b>5</b>
<b>Ermittlung des Arbeitsaufwandes</b> .....	<b>6</b>
<b>Pfungsmodalitäten</b> .....	<b>8</b>
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten</b> .....	<b>9</b>
<b>Vermittlung von Schlüsselqualifikationen</b> .....	<b>9</b>
<b>Anwendungsbezug im Elektrotechnik-Studium</b> .....	<b>9</b>
<b>I. Module im 1. Studienabschnitt des Bachelor-Studiengangs</b> .....	<b>11</b>
<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>11</b>
<b>Modultabelle (Version v2)</b> .....	<b>11</b>
<b>Modultabelle (Version v3)</b> .....	<b>12</b>
<b>Modultabelle (Version v4, v5)</b> .....	<b>13</b>
<b>I.1 Gebiet Mathematische Grundlagen</b> .....	<b>14</b>
<b>I.1.1 Höhere Mathematik I (Version v2)</b> .....	<b>14</b>
<b>Höhere Mathematik B für Elektrotechniker</b> .....	<b>15</b>

<b>I.1.2 Höhere Mathematik I (Version v3, v4, v5)</b> .....	<b>16</b>
Höhere Mathematik B für Elektrotechniker .....	17
<b>I.1.3 Stochastik (Version v3, v4, v5)</b> .....	<b>18</b>
Stochastik für Ingenieure .....	19
<b>I.2 Gebiet Elektrotechnische Grundlagen</b> .....	<b>21</b>
<b>I.2.1 Grundlagen der Elektrotechnik B</b> .....	<b>21</b>
Grundlagen der Elektrotechnik B .....	22
<b>I.2.2 Messtechnik</b> .....	<b>23</b>
Messtechnik .....	24
<b>I.2.3 Theorie der Elektrotechnik (Version v2, v3)</b> .....	<b>26</b>
Feldtheorie .....	27
<b>I.2.4 Feldtheorie (Version v4, v5)</b> .....	<b>28</b>
Feldtheorie .....	29
<b>I.3 Gebiet Technisch-physikalische Grundlagen</b> .....	<b>31</b>
<b>I.3.1 Technische Mechanik</b> .....	<b>31</b>
Technische Mechanik für Elektrotechniker .....	31
<b>I.3.2 Bauelemente (Version v2, v3)</b> .....	<b>33</b>
Werkstoffe der Elektrotechnik .....	34
<b>I.3.3 Werkstoffe der Elektrotechnik (Version v4, v5)</b> .....	<b>36</b>
Werkstoffe der Elektrotechnik .....	37
<b>I.4 Gebiet Grundlagen der Informations- und Systemtechnik</b> .....	<b>40</b>
<b>I.4.1 Modul Technische Informatik</b> .....	<b>40</b>
Grundlagen der Technischen Informatik .....	41
<b>I.4.2 Modul Signal- und Systemtheorie (Version v2, v3)</b> .....	<b>43</b>
Signaltheorie .....	44
Systemtheorie .....	46
<b>I.4.3 Modul Signaltheorie (Version v4, v5)</b> .....	<b>49</b>
Signaltheorie .....	50
<b>I.4.4 Modul Systemtheorie (Version v4, v5)</b> .....	<b>52</b>
Systemtheorie .....	53
<b>I.5 Praktikum</b> .....	<b>55</b>
<b>I.5.1 Laborpraktikum und Projektseminar (Version v2, v3, v4)</b> .....	<b>55</b>
<b>I.5.2 Laborpraktikum und Projektseminar (Version v5)</b> .....	<b>59</b>
<b>II. Module im 2. Studienabschnitt des Bachelor-Studiengangs</b> .....	<b>63</b>
<b>II.1 Gebiet Vertiefungen</b> .....	<b>63</b>
<b>II.1.1 Informationstechnik</b> .....	<b>63</b>
Zeitdiskrete Signalverarbeitung .....	64
Optische Informationsübertragung .....	66
Aktuelle Themen der Signalverarbeitung .....	68
<b>II.1.2 Mikrosystemtechnik</b> .....	<b>70</b>
Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme .....	71
Halbleiterprozessstechnik .....	73
<b>II.1.3 Automatisierungstechnik</b> .....	<b>76</b>
Industrielle Messtechnik .....	77
Regenerative Energien .....	79
<b>II.2 Bachelor-Arbeit</b> .....	<b>82</b>
<b>Vorbemerkungen (Version v3)</b> .....	<b>85</b>
<b>Modultabelle</b> .....	<b>85</b>
<b>II.3.1 Bildungswissenschaften/Berufspädagogik</b> .....	<b>85</b>
Kompetenzentwicklung .....	85
Berufspädagogik .....	87
<b>II.3.2 Fachdidaktik</b> .....	<b>89</b>
Fachdidaktik .....	89
<b>III. Module im Master-Studiengang</b> .....	<b>91</b>

<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>91</b>
<b>Modultabelle</b> .....	<b>91</b>
<b>III.1 Gebiet Theoretische Elektrotechnik</b> .....	<b>92</b>
III.1.1 Theoretische Elektrotechnik (wird nur im WS angeboten) .....	92
<b>III.2 Gebiet Statistische Signale</b> .....	<b>92</b>
III.2.1 Verarbeitung statistischer Signale (wird nur im WS angeboten) .....	92
<b>III.3 Kataloge der Studienmodelle</b> .....	<b>92</b>
<b>III.3.1 Energie und Umwelt</b> .....	<b>92</b>
Bauelemente der Leistungselektronik .....	93
Leistungselektronik.....	95
Solar Electric Energy Systems .....	98
Messstochastik .....	100
<b>III.3.2 Kognitive Systeme</b> .....	<b>102</b>
Digital Image Processing II .....	103
Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel.....	105
Robotik.....	108
<b>III.3.3 Kommunikationstechnik</b> .....	<b>110</b>
Digitale Sprachsignalverarbeitung .....	111
Videotechnik .....	115
Feldberechnung mit der Randlelementmethode .....	117
Topics in Signal Processing .....	119
Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode .....	121
Optical Waveguide Theory .....	123
Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik.....	125
<b>III.3.4 Mikroelektronik</b> .....	<b>127</b>
Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation .....	128
RFID-Funketiketten Aufbau und Funktion .....	131
Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits.....	133
Analoge CMOS-Schaltkreise .....	134
Advanced VLSI Design.....	136
Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip.....	139
<b>III.3.5 Optoelektronik</b> .....	<b>141</b>
Optische Nachrichtentechnik B .....	142
Optische Nachrichtentechnik D .....	144
<b>III.3.6 Prozessdynamik</b> .....	<b>145</b>
Höhere Regelungstechnik .....	146
Mechatronik und elektrische Antriebe .....	149
Ultraschallmesstechnik .....	151
Advanced Control Methods for Mechatronics.....	152
<b>III.4 Projektarbeit</b> .....	<b>155</b>
<b>III.5 Master-Arbeit</b> .....	<b>157</b>

## Abkürzungsverzeichnis

LP:	Leistungspunkte
SWS	Semesterwochenstunden
2V	Vorlesung mit 2 SWS
2Ü	Übung mit 2 SWS
WS	Wintersemester
SS	Sommersemester
2P	Projekt mit 2 SWS
2S	Seminar mit 2 SWS

## Vorbemerkungen

Die Modul- und Lehrveranstaltungsbeschreibungen in diesem Katalog sollen

- Ziele, Inhalte und Zusammenhänge des Studienganges auf der Ebene von Modulen und Lehrveranstaltungen umfassend beschreiben,
- Studierenden nützliche, verbindliche Informationen für die Planung ihres Studiums geben,
- Lehrenden und anderen interessierten Personen einen tiefgehenden Einblick in die Ausgestaltung der Module des Studienganges geben.

Die Modul- und Lehrveranstaltungsbeschreibungen sind nach einem vorgegebenen Schema weitgehend einheitlich strukturiert.

## Schema der Modulbeschreibungen

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.xxx.xxxx
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Angaben zu den Lehrveranstaltungen des Moduls finden sich in den Lehrveranstaltungsbeschreibungen
Semester	Verortung des Moduls im Studienverlauf; diese Angaben beziehen sich auf das Vollzeit-Studienprogramm. In den Teilzeit-Studienprogrammen sind die Module auf die doppelte Zeitdauer unter Berücksichtigung aller notwendigen Reihenfolgebedingungen entzerrt.
Modulart <i>Module type</i>	Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	
Sprache / <i>Language</i>	
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Angaben zu Organisationsformen nach denen die Veranstaltungen des Moduls durchgeführt werden (z. B.

	Vorlesung, Übung, Seminar, Praktikum, Projekt, Selbststudium, virtuelles Seminar).
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	Gesamtstundenanzahl der Präsenzzeit für das Modul
Kreditpunkte / Credits ECTS	Gesamtarbeitsaufwand in Kreditpunkten für das Modul. Details dazu gibt es weiter unten unter der Überschrift <b>Ermittlung des Arbeitsaufwandes</b> .
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Angaben zu den Lernergebnissen, die von den Studierenden im Modul erreicht werden sollen.
Prüfungsmodalitäten <i>Assessemments</i>	Angaben über Prüfungsformen (z. B. schriftliche Prüfung, d.h. Klausurarbeit, mündliche Prüfungen, Vortrag, Hausarbeit, Projektarbeit, Praktikumstestat), die Aussagen über das Erreichen der Lernziele ermöglichen. Details gibt es weiter unten unter der Überschrift <b>Prüfungsmodalitäten</b> .

## Schema der Lehrveranstaltungsbeschreibungen

<b>Modulhandbuch</b> <i>Module Manual</i>	<b>Bezeichnung der Lehrveranstaltung</b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.xxx.xxxxx
Koordination <i>Coordination</i>	Angaben zum Dozenten bzw. zu den Dozenten
Lehr- und Forschungseinheit <i>Teaching Unit</i>	
Typ <i>Type</i>	Angaben zur Präsenzzeit in Semesterwochenstunden und zu Organisationsformen nach denen die Veranstaltung durchgeführt wird - z. B. Vorlesung, Übung, Seminar, Praktikum, Projekt, Selbststudium.
Credits / ECTS:	Gesamtarbeitsaufwand in Kreditpunkten für die Veranstaltung. Details dazu gibt es weiter unten unter der Überschrift <b>Ermittlung des Arbeitsaufwandes</b> .
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	
Zeitmodus / <i>Semester</i>	
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<b>Lernergebnisse, Kompetenzen / Learning Outcomes, Competences</b>	
<b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b>	

<b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
Angaben zu Sozialformen und didaktisch-methodischen Arbeitsweisen in der Veranstaltung (z.B. Übungen in kleinen Gruppen, Projektlernen mit hohem Aktivitätsanteil der Studierenden, durchgehende Fallorientierung bei der Vermittlung von Inhalten, kleinere Anwendungsbeispiele als Ausgangspunkte zur Einführung in ein Teilthema, spätere Konkretisierung von theoretischen Konzepten an praktischen Beispielen, Selbststudienphasen mit LO's, guided tours in virtuellen Lernumgebungen, blended learning ....). Wenn in diesem Zusammenhang von <b>Kleingruppen</b> die Rede ist, so sind Gruppengrößen von bis zu 10 Teilnehmern gemeint.
<b>Inhaltliche Vorkenntnisse / Prerequisites</b>
Die Angaben sind als Empfehlungen zu verstehen, nicht jedoch als zu überprüfende Voraussetzungen.
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and Overlapping Modules</b>
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Angaben über Prüfungsformen (z. B. schriftliche Prüfung, d.h. Klausurarbeit, mündliche Prüfungen, Vortrag, Hausarbeit, Projektarbeit, Praktikumstestat) im Kontext zur Modulabschlussprüfung. Details gibt es weiter unten unter der Überschrift <b>Prüfungsmodalitäten</b> .
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
<b>Bemerkungen / Comments</b>

## Ermittlung des Arbeitsaufwandes

Das Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik hat jeder Lehrveranstaltung des Bachelor-Master-Programms unter Abschätzung des Aufwandes, den Studierende für einen erfolgreichen Abschluss erbringen müssen, Kreditpunkte zugewiesen. Dieser Zuordnungsprozess zur Abschätzung des tatsächlich erforderlichen Workloads wird im Folgenden dargestellt.

Im Rahmen der Entwicklung der Studiengänge hat sich gezeigt, dass sich drei Typen von Lehrveranstaltungen unterscheiden lassen, die im Präsenz- und Selbststudiumsanteil differieren. Die Unterschiede drücken sich damit in einem unterschiedlichen Verhältnis von Semesterwochenstunden (SWS) und Leistungspunkten (LP) aus. Wir haben für das Verhältnis Leistungspunkte pro Semesterwochenstunde (LP/SWS) für die Lehrveranstaltungen nach

Abschätzung des tatsächlichen Workloads ein Intervall von 1,0 bis 1,6 ins Auge gefasst und dieses in drei Subintervalle geteilt - nämlich



und dann die Module des Bachelor-Master-Studienganges in die Gruppen verwiesen. Der einem Modul innerhalb einer Gruppe tatsächlich zufallende Zahlenwert (er ist aus der jeweiligen Modul- bzw. Lehrveranstaltungsbeschreibung auslesbar) ergibt sich dann über die Berücksichtigung ganzzahliger Werte für die Kreditpunkte pro Modul.

Module in der **Gruppe 1** haben einen vergleichsweise niedrigen Selbststudiumsanteil, weil ihre Charakteristika zu folgender Klasse gehören:

- Eingehende Betreuung während der Kontaktzeit wegen eines hohen praktischen bzw. experimentellen Inhalts
- Grundlagen und deren methodische Verarbeitung werden auf einem thematisch engen Feld gelegt und bereits während der Kontaktzeit vertieft
- Fachwissenschaftliche Kenntnisse und Fähigkeiten werden erweitert, wobei bereits auf ein solides Grundlagenwissen zurückgegriffen werden kann

Module in der **Gruppe 2** haben einen durchschnittlichen Selbststudiumsanteil und ihre Charakteristika gehören zu folgender Klasse:

- Grundlagen und deren methodische Verarbeitung werden auf einem thematisch breiten Feld gelegt und die Verfestigung des Wissens und der Fähigkeiten ist individuell zu gestalten

Module in der **Gruppe 3** haben einen vergleichsweise hohen Selbststudiumsanteil, weil ihre Charakteristika zu folgender Klasse gehören:

- Hoher zeitlicher Aufwand für die eigenverantwortliche Zusammenstellung und Darbietung eines Referates
- Die Vermittlung der Grundlagen und deren methodische Verarbeitung ist mathematisch-analytisch anspruchsvoll
- Die Inhalte sind forschungsnah und spezielles Grundlagenwissen ist selbstständig zu erwerben und in der Regel mit Literaturrecherchen verbunden

Gruppenzuordnung der Module des Bachelor-Master-Programms:

Gruppe 1: Grundlagen der Programmierung

Technische Informatik  
Experimentalphysik  
Technische Mechanik  
Werkstoffe  
Halbleiterbauelemente  
Energietechnik  
Laborpraktikum

Gruppe 2: Höhere Mathematik I

Höhere Mathematik II  
Stochastik  
Signaltheorie  
Systemtheorie  
Messtechnik  
Nachrichtentechnik  
Schaltungstechnik  
Regelungstechnik

Gruppe 3:

Feldtheorie  
Elektromagnetische Wellen

Theoretische Elektrotechnik  
Verarbeitung statistischer Signale  
Vertiefungen  
Wahlpflichtkataloge I, II, III, IV  
Projektarbeiten

Der tatsächliche Workload wird von der Studienberatung Elektrotechnik begleitend evaluiert; sollten sich die Abschätzungen als nicht tragfähig erweisen, wird nachgebessert werden.

In den Modul- bzw. Lehrveranstaltungsbeschreibungen wird zur Kennzeichnung des Arbeitsaufwandes der Umfang in Semesterwochenstunden (SWS) und die Anzahl der zu erwerbenden Kreditpunkte (LP) angegeben. Der Arbeitsaufwand (workload) WL, die Präsenzzeit PZ und die Selbststudiumszeit SZ in Stunden sind damit über folgende Beziehungen verknüpft:

$$\begin{aligned}WL &= 30 * LP \\PZ &= 15 * SWS \\SZ &= WL - PZ\end{aligned}$$

## Prüfungsmodalitäten

Prüfungsleistungen können in Form von schriftlichen Prüfungen (d.h. Klausurarbeiten), mündlichen Prüfungen, Vorträgen, Hausarbeiten, Projektarbeiten, Praktikumstestaten oder in anderen Formen erbracht werden, die Aussagen über das Erreichen der Lernziele ermöglichen.

- Die Dauer einer Klausurarbeit richtet sich nach der Summe der Leistungspunkte, die der oder den zugrundeliegenden Veranstaltungen zugeordnet sind. Sie beträgt 90 bis 120 Minuten bei bis zu 5 Leistungspunkten und 120 bis 180 Minuten bei mehr als 5 Leistungspunkten.
- Die Dauer einer mündlichen Prüfung je Kandidatin oder Kandidaten richtet sich nach der Summe der Leistungspunkte der zugrundeliegenden Veranstaltungen. Sie beträgt 20 bis 30 Minuten bei bis zu 5 Leistungspunkten und 30 bis 45 Minuten bei mehr als 5 Leistungspunkten.
- Ein Referat ist ein Vortrag von etwa 30 Minuten Dauer auf der Grundlage einer schriftlichen Ausarbeitung. Dabei sollen die Studierenden nachweisen, dass sie zur wissenschaftlichen Ausarbeitung eines Themas in der Lage sind und die Ergebnisse vortragen können.
- Im Rahmen einer schriftlichen Hausarbeit wird in einem Umfang von etwa 10 DIN-A4-Seiten eine Aufgabe im thematischen Umfeld einer Lehrveranstaltung gegebenenfalls unter Zuhilfenahme einschlägiger Literatur sachgemäß bearbeitet und gelöst. Die Leistung kann auch als Gruppenleistung erbracht werden, sofern eine individuelle Bewertung des Anteils eines jeden Gruppenmitglieds möglich ist.
- Im Kolloquium sollen die Studierenden nachweisen, dass sie im Gespräch von 20 bis 30 Minuten Dauer mit der bzw. dem Prüfenden und weiteren Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Kolloquiums fachliche Zusammenhänge erkennen und spezielle Fragestellungen in diesem Zusammenhang einordnen können.
- Die Prüfungsformen und -modalitäten von Modulabschluss- und Teilprüfungen sowie von Teilleistungen einschließlich der An- und Abmeldefristen sowie der Möglichkeiten der Wiederholung werden in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit vom Prüfungsausschuss im Benehmen mit den Prüfenden festgelegt und veröffentlicht.

## **Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten**

Die einem Modul zugeordneten Leistungspunkte werden nur vergeben, wenn das Modul abgeschlossen ist. Der Abschluss eines Moduls ist erst dann erreicht, wenn die für dieses Modul vorgesehene Prüfungsleistung bzw. vorgesehenen Prüfungsleistungen jeweils mit mindestens der Note „ausreichend“ bewertet sind und/oder die vorgesehene Studienleistung bzw. vorgesehenen Studienleistungen jeweils erbracht sind.

## **Vermittlung von Schlüsselqualifikationen**

Im Bachelor- und Master-Studienprogramm Elektrotechnik sind Veranstaltungen zu absolvieren, in denen der Erwerb von Schlüsselqualifikationen ein integraler Bestandteil ist. Die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen erfolgt im Zuge des Bachelor-Studiums im Wesentlichen durch das Absolvieren des Laborpraktikums, der Ableistung des Programmier-Projekts und des Projektseminars, die Anfertigung der Bachelor-Arbeit und den Vortrag über die Bachelor-Arbeit. Vernetztes ingenieurmäßiges Denken, Kommunikations-, Präsentations- und Moderationskompetenzen stehen hier im Vordergrund. Der Umfang an Leistungspunkten, die durch Schlüsselqualifikationen erworben werden, beträgt somit mehr als 18 LP. Im Zuge des Master-Studiums erfolgt die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen im Wesentlichen durch die Anfertigung von zwei Projekt-Arbeiten und der Master-Arbeit, wobei die Präsentation der Ergebnisse einen besonderen Schwerpunkt einnimmt. Der Umfang an Leistungspunkten, die durch Schlüsselqualifikationen erworben werden, beträgt somit deutlich mehr als 12 LP Die Zahl der Lehrveranstaltungen, in denen sowohl im Bachelor- als auch im Master-Studiengang Schlüsselqualifikationen vermittelt werden, ist allerdings höher anzusetzen, da vor allem in Seminaren, Übungen und Projekten anderer Fächer Kommunikations- und Teamfähigkeit sowie Fähigkeiten zur Nutzung moderner Informationstechnologien eine wichtige Rolle spielen. Durch die Anwendung neuer Lehrformen gilt dies ebenso für viele Vorlesungen.

## **Anwendungsbezug im Elektrotechnik-Studium**

Die Elektrotechnik umspannt und prägt Berufsfelder in einem weiten Bereich: etwa von überregionalen Energieversorgungssystemen bis zu miniaturisierten Mikrosystemen, oder von der Informationsverarbeitung in Produktionsanlagen bis zur Verarbeitung digitaler Signale in weltweiten Kommunikationssystemen. Um in einem so breiten Feld zukünftige Entwicklungen zu erfassen, zu bewerten und beeinflussen zu können, wird ein breites und gesichertes grundlagen- und methodenorientiertes Wissen benötigt. Deswegen haben viele Module – insbesondere die des Bachelor-Studiums – einen hohen theorie- und methodenbezogenen Anteil. Sie dienen somit vordergründig dazu, die Studierenden mit der Fähigkeit auszustatten, sich auf Arbeitsmärkten zukünftiger Prägung zu behaupten. Zudem wird über einen ausgewogenen Anwendungsbezug im Studium das Ziel verfolgt, die Studierenden auf die Behandlung von aktuellen berufsfeldbezogenen Problemstellungen vorzubereiten.

Im Bachelor-Studium wird über die Module Laborpraktikum und Datenverarbeitung, in denen dediziert Anwendungsbezug vorhanden ist, hinaus auch in vielen anderen Modulen – nicht nur im 2. Abschnitt des Bachelor-Studiums, sondern bereits im 1. Abschnitt – Anwendungsbezug dadurch hergestellt, dass etwa in Übungen praxisrelevante Aufgabenstellungen mit zuvor theoretisch erarbeiteten Methoden gelöst werden, oder dass neben der reinen Wissensvermittlung in Vorlesungen die erworbenen Kenntnisse technisch-experimentell oder algorithmisch umgesetzt werden. Schließlich sind die Abschlussarbeiten thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet und daher mit der Bearbeitung von Problemen aus der Praxis beschäftigt; diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen im Studienbetrieb und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs des Studiums und erleichtert so den Berufseinstieg.

Kennzeichnend für das Bachelor-Studium ist ein breit gefächertes Anwendungsbezug, der sich einer starren Festlegung seiner Verteilung und Ausprägung im Modulhandbuch entzieht. Im Master-Studiengang ist der Anwendungsbezug deutlicher als im Bachelor-Studium ausgeprägt durch die zusätzliche Abwicklung von Projektarbeiten, die immerhin einen Anteil von 15% des Gesamtstudienumfanges ausmachen.

# I. Module im 1. Studienabschnitt des Bachelor-Studiengangs

## Vorbemerkungen

Die Bachelor-Studiengänge Elektrotechnik mit einem Gesamtumfang von 180 Leistungspunkten (gemäß ECTS) sind aus zwei Abschnitten aufgebaut. Im ersten Studienabschnitt (4 Semester im Vollzeit- bzw. 8 Semester im Teilzeit-Studiengang) werden die technikkissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik vermittelt. Im zweiten Studienabschnitt (2 Semester im Vollzeit- bzw. 4 Semester im Teilzeit-Studiengang) sind Kenntnisse und Fähigkeiten in den drei fachspezifischen Disziplinen

- Informationstechnik
- Mikrosystemtechnik
- Automatisierungstechnik

zu erwerben, wobei die Studierenden in jedem der Module Freiraum erhalten, um aus einem vorgegebenen Katalog von Lehrveranstaltungen nach eigenen fachlichen Interessen zu wählen.

Im ersten Abschnitt des Bachelor-Studienganges müssen die Studierenden 14 Pflichtmodule mit den in der folgenden Tabelle angegebenen Leistungspunkten absolvieren (die ersten 14 Module).

Im zweiten Abschnitt sind 3 fachwissenschaftliche Pflichtmodule verankert. In 3 fachspezifischen Wahlpflichtmodulen jeweils eine aus dem zugehörigen Katalog zu wählende Wahlpflichtveranstaltung zu absolvieren; in einem weiteren Wahlpflichtmodul ist eine einzige Wahlpflichtveranstaltung aus den Katalogen absolvieren; damit soll eine fachliche Vertiefung in einer Disziplin nach Wahl der Studierenden erreicht werden. Zum zweiten Abschnitt gehören weiterhin das Modul Studium generale mit 8 Leistungspunkten und die Bachelor-Arbeit im Umfang von 12 Leistungspunkten.

Damit ergibt sich das gesamte Bachelor-Studium ein Umfang von 180 Leistungspunkten.

## Modultabelle (Version v2)

Gebiet	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltungen	ECTS
Mathematische Grundlagen	Höhere Mathematik I	Höhere Mathematik A für ET	16
		Höhere Mathematik B für ET	
	Höhere Mathematik II	Höhere Mathematik C für ET	14
		Höhere Mathematik D für ET	
Elektrotechnische Grundlagen	Grundlagen der Elektrotechnik A	Grundlagen der Elektrotechnik A	8
	Grundlagen der Elektrotechnik B	Grundlagen der Elektrotechnik B	8
	Energietechnik	Energietechnik	4
	Messtechnik	Messtechnik	5
	Theorie der Elektrotechnik	Feldtheorie	12
Elektromagnetische Wellen			
Technisch-physikalische Grundlagen	Experimentalphysik	Experimentalphysik für ET	8
	Technische Mechanik	Technische Mechanik für ET	6
	Baulemente	Werkstoffe	8
		Halbleiterbaulemente	
Grundlagen der Informations- und Systemtechnik	Datenverarbeitung	Datenverarbeitung	6
		Projekt Angewandte Datenverarbei-	

		tung	
	Technische Informatik für Elektrotechniker	Grundlagen der Technischen Informatik	8
		Grundlagen der Rechnerarchitektur für ET	
	Signal- und Systemtheorie	Signaltheorie	10
		Systemtheorie	
Praktikum	Laborpraktikum	Laborpraktikum A, B, C	8
		Projektseminar	
Vertiefungen	Nachrichtentechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
	Schaltungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
	Regelungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
	Informationstechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Mikrosystemtechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Automatisierungstechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Studienschwerpunkt	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Studium generale	nach Wahl der Studierenden	8
		Bachelor-Arbeit	12
<b>Gesamt</b>			<b>180</b>

### Modultabelle (Version v3)

Gebiet	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltungen	ECTS
Mathematische Grundlagen	Höhere Mathematik I	Höhere Mathematik A für ET	16
		Höhere Mathematik B für ET	
	Höhere Mathematik II	Höhere Mathematik C für ET	8
	Stochastik	Stochastik für Ingenieure	5
Elektrotechnische Grundlagen	Grundlagen der Elektrotechnik A	Grundlagen der Elektrotechnik A	8
	Grundlagen der Elektrotechnik B	Grundlagen der Elektrotechnik B	8
	Energietechnik	Energietechnik	4
	Messtechnik	Messtechnik	5
	Theorie der Elektrotechnik	Feldtheorie	12
Elektromagnetische Wellen			
Technisch-physikalische Grundlagen	Experimentalphysik	Experimentalphysik für ET	6
	Technische Mechanik	Technische Mechanik für ET	6
	Baulemente	Werkstoffe	8
		Halbleiterbaulemente	
Grundlagen der Informations- und Systemtechnik	Datenverarbeitung	Grundlagen der Programmierung für Ingenieure II	8
		Projekt Angewandte Datenverarbeitung	
	Technische Informatik für Elektrotechniker	Grundlagen der Technischen Informatik	8

		Grundlagen der Rechnerarchitektur für ET	
	Signal- und Systemtheorie	Signaltheorie	10
		Systemtheorie	
Praktikum	Laborpraktikum	Laborpraktikum A, B, C	8
		Projektseminar	
Vertiefungen	Nachrichtentechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
	Schaltungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
	Regelungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
	Informationstechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Mikrosystemtechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Automatisierungstechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Studienschwerpunkt	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Studium generale	nach Wahl der Studierenden	9
		Bachelor-Arbeit	12
<b>Gesamt</b>			<b>180</b>

## Modultabelle (Version v4, v5)

Gebiet	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltungen	ECTS
Mathematische Grundlagen	Höhere Mathematik I	Höhere Mathematik A für ET	16
		Höhere Mathematik B für ET	
	Höhere Mathematik II	Höhere Mathematik C für ET	8
	Stochastik	Stochastik für Ingenieure	5
Elektrotechnische Grundlagen	Grundlagen der Elektrotechnik A	Grundlagen der Elektrotechnik A	8
	Grundlagen der Elektrotechnik B	Grundlagen der Elektrotechnik B	8
	Energietechnik	Energietechnik	4
	Messtechnik	Messtechnik	5
	Feldtheorie	Feldtheorie	6
	Elektromagnetische Wellen	Elektromagnetische Wellen	6
Technisch-physikalische Grundlagen	Experimentalphysik	Experimentalphysik für ET	6
	Technische Mechanik	Technische Mechanik für ET	6
	Werkstoffe	Werkstoffe	4
	Halbleiterbauelemente	Halbleiterbauelemente	4
Grundlagen der Informations- und Systemtechnik	Datenverarbeitung	Grundlagen der Programmierung für Ingenieure II	8
		Projekt Angewandte Datenverarbeitung	
	Technische Informatik für Elektrotechniker	Grundlagen der Technischen Informatik	8
		Grundlagen der Rechnerarchitektur für ET	
	Signaltheorie	Signaltheorie	5
	Systemtheorie	Systemtheorie	5

Praktikum	Laborpraktikum	Laborpraktikum A, B, C	8
		Projektseminar	
Vertiefungen	Nachrichtentechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
	Schaltungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
	Regelungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
	Informationstechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Mikrosystemtechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Automatisierungstechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Studienschwerpunkt	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	Studium generale	nach Wahl der Studierenden	9
		Bachelor-Arbeit	12
<b>Gesamt</b>			<b>180</b>

## I.1 Gebiet Mathematische Grundlagen

### I.1.1 Höhere Mathematik I (Version v2)

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Höhere Mathematik I</b> <i>Advanced Mathematics for Electrical Engineers I</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.105.9510
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	• Höhere Mathematik B für Elektrotechniker
Semester	1., 2. / <i>1st, 2nd</i>
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Prof. Peter Schreier, Ph.D.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	8V + 4U (4V + 2U je Lehrveranstaltung) 8L + 4Ex (4L / 2Ex per course)
Kreditpunkte / Credits ECTS	16 (8 + 8)
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Einführung in die Grundlagen der Mathematik, die während des Studiums der Elektrotechnik benötigt werden. Die Studierenden können mit Grundbegriffen und Grundtechniken der Linearen Algebra und der Analysis umgehen.

Prüfungsmodalitäten Assessments	1 schriftliche Modulabschlussprüfung 1 written exam
------------------------------------	--

## Höhere Mathematik B für Elektrotechniker

Modul / Module	<b>Höhere Mathematik B für Elektrotechniker</b> <b>Advanced Mathematics B for Electrical Engineers</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.105.95200
Koordinator / Coordinator	Dozenten des Instituts für Mathematik / Lectures in Mathematics
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Institut für Mathematik Department of Mathematics
Typ / Type	4 V / 2 Ü 4 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / Credits	8
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://www2.math.uni-paderborn.de">http://www2.math.uni-paderborn.de</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
Einführung in die Grundlagen der Mathematik, die während des Studiums der Elektrotechnik benötigt werden; insbesondere in die Grundbegriffe und Grundtechniken der Linearen Algebra und der Analysis.	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lineare Algebra: Vektorräume, Basis und Dimension, Skalarprodukt, lineare Gleichungssysteme und Matrizen, Gauß-Algorithmus, Determinanten, Eigenwerte und Eigenvektoren</li> <li>• Differentialgleichungen: lineare Differentialgleichungen höherer Ordnung, Systeme linearer Differentialgleichungen</li> <li>• Differentialrechnung in mehreren Variablen: Konvergenz, Stetigkeit, Differenzierbarkeit, partielle Ableitungen, Kettenregel, Extremwerte mit und ohne Nebenbedingungen</li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>	
<b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Grundbegriffe der Linearen Algebra und der Analysis zu verstehen und</li> <li>• die Grundtechniken der Linearen Algebra und der Analysis anzuwenden.</li> </ul>	
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben die große Bedeutung der mathematisch-methodischen Denkweise (Definition, Satz, Beweis) erkannt,</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>haben die Fähigkeit zum abstrakten mathematischen Denken und Schließen entwickelt,</li> <li>können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen und</li> <li>sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden.</li> </ul>
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorlesungen und Übungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge,</li> <li>die theoretischen Konzepte werden danach in Präsenzübungen in Kleingruppen vertieft.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i></b>
Vorkenntnisse aus der allgemeinen Schulmathematik werden erwartet.
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i></b>
Schriftliche Prüfung <i>written exam</i>
<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b>
Deutsch / <i>German</i>
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i></b>
Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

### I.1.2 Höhere Mathematik I (Version v3, v4, v5)

<b>Modulname <i>Name of module</i></b>	<b>Höhere Mathematik I <i>Advanced Mathematics for Electrical Engineers I</i></b>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.105.9511
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	• Höhere Mathematik B für Elektrotechniker
Semester	1., 2. / <i>1st, 2nd</i>
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Prof. Peter Schreier, Ph.D.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	8V + 4U (4V + 2U je Lehrveranstaltung) 8L + 4Ex (4L / 2Ex per course)

Kreditpunkte / Credits ECTS	16 (8 + 8)
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Einführung in die Grundlagen der Mathematik, die während des Studiums der Elektrotechnik benötigt werden. Die Studierenden können mit Grundbegriffen und Grundtechniken der Linearen Algebra und der Analysis umgehen.
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	1 schriftliche Modulabschlussprüfung <i>1 written exam</i>

### Höhere Mathematik B für Elektrotechniker

Modul / <i>Module</i>	<b>Höhere Mathematik B für Elektrotechniker</b> <b><i>Advanced Mathematics B for Electrical Engineers</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.105.95200, Übung L.105.95201
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Dozenten des Instituts für Mathematik / Lectures in Mathematics
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Institut für Mathematik <i>Department of Mathematics</i>
Typ / <i>Type</i>	4 V / 2 Ü 4 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 0h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 0h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	8
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://www2.math.uni-paderborn.de">http://www2.math.uni-paderborn.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
Einführung in die Grundlagen der Mathematik, die während des Studiums der Elektrotechnik benötigt werden; insbesondere in die Grundbegriffe und Grundtechniken der Linearen Algebra und der Analysis.	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lineare Algebra: Vektorräume, Basis und Dimension, Skalarprodukt, lineare Gleichungssysteme und Matrizen, Gauß-Algorithmus, Determinanten, Eigenwerte und Eigenvektoren</li> <li>• Differentialgleichungen: lineare Differentialgleichungen höherer Ordnung, Systeme linearer Differentialgleichungen</li> <li>• Differentialrechnung in mehreren Variablen: Konvergenz, Stetigkeit, Differenzierbarkeit, partielle Ableitungen, Kettenregel, Extremwerte mit und ohne Nebenbedingungen</li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<b>Fachliche Kompetenzen / <i>Professional Competence</i></b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,	

- die Grundbegriffe der Linearen Algebra und der Analysis zu verstehen und
- die Grundtechniken der Linearen Algebra und der Analysis anzuwenden.

### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden

- haben die große Bedeutung der mathematisch-methodischen Denkweise (Definition, Satz, Beweis) erkannt,
- haben die Fähigkeit zum abstrakten mathematischen Denken und Schließen entwickelt,
- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen und
- sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden.

### **Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen und Übungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge,
- die theoretischen Konzepte werden danach in Präsenzübungen in Kleingruppen vertieft.

### **Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Vorkenntnisse aus der allgemeinen Schulmathematik werden erwartet.

### **Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Keine / None

### **Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Schriftliche Prüfung

*written exam*

### **Unterrichtssprache / Teaching Language**

Deutsch / German

### **Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

## **I.1.3 Stochastik (Version v3, v4, v5)**

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Stochastik</b>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1074
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Stochastik für Ingenieure <i>Probability for Engineers</i>
Semester	4. / <i>4th</i>
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Prof. Peter Schreier, Ph.D.

Sprache / <i>Language</i>	Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U 2L / 2Ex)
Kreditpunkte / Credits ECTS	5
Lernziele <i>Learning objectives</i>	In diesem Modul sollen die Studierenden ein grundlegendes Verständnis der Wahrscheinlichkeitstheorie erwerben. Sie sollen verstehen, wie man Wahrscheinlichkeitstheorie in der Elektrotechnik einsetzen kann und sie sollen diese auf relevante Gebiete (wie z.B. in der Nachrichtentechnik) anwenden können.  <i>In this module, students are to acquire a basic understanding of probability. They are to understand how to apply probability theory to relevant fields in electrical engineering (such as communications).</i>
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	1 schriftliche Modulabschlussprüfung <i>1 written exam</i>

### Stochastik für Ingenieure

Modul / <i>Module</i>	Stochastik für Ingenieure <i>Probability for Engineers</i>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.10704
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Prof. Peter Schreier, Ph.D.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Signal- und Systemtheorie <i>Signal and System Theory Group</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 45h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 105h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 150h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	5
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://sst.upb.de/teaching">http://sst.upb.de/teaching</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
Die Wahrscheinlichkeitstheorie ist ein leistungsfähiges Werkzeug, das Ingenieure zur Analyse und Modellierung von zufälligen Phänomenen verwenden. Diese Veranstaltung bietet eine Einführung	

in die Wahrscheinlichkeitstheorie mit einigen ausgewählten Anwendungen in der Elektrotechnik.

*Probability theory is a powerful tool that engineers use to analyze and model random phenomena. This course provides an introduction to probability with some selected applications in electrical engineering.*

#### Inhalt / Contents

Themen, die in dieser Veranstaltung behandelt werden, beinhalten: diskrete und kontinuierliche Zufallsvariablen; Markoff-Ketten; gebräuchliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen; Erwartungswert; Gesetz der großen Zahlen; Statistik; Zufallsvektoren; im weiteren Sinne stationäre Zufallsprozesse.

*Topics in the course include: discrete and continuous random variables; common probability distributions; Markov chains; expectation; law of large numbers; statistics; random vectors; wide-sense stationary random processes.*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

##### **Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

In dieser Lehrveranstaltung erwerben Studenten ein grundlegendes Verständnis der Wahrscheinlichkeitstheorie. Sie verstehen, wie man Wahrscheinlichkeitstheorie in der Elektrotechnik einsetzen kann und sie können diese auf relevante Gebiete (wie z.B. in der Nachrichtentechnik) anwenden.

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Studenten werden das Vertrauen in ihre Fähigkeiten entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design zu lösen. Sie werden in der Lage sein, die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien auf andere Bereiche zu übertragen.

##### **Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

*In this course, students will acquire a basic understanding of probability. They will understand how to apply probability theory to relevant fields in electrical engineering (such as communications).*

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

*Students will develop confidence in their ability to solve mathematical problems of analysis and design. They will be able to apply the principles they have learnt in this course to other areas.*

#### Methodische Umsetzung / Implementation

- Vorlesung
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Lecture
- Tutorials and some computer exercises

#### Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites

Modul Höhere Mathematik; Signaltheorie sollte zumindest gleichzeitig belegt werden

*Module „Höhere Mathematik“ (Advanced Math); "Signaltheorie" (signal theory) should be taken at least concurrently*

#### Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules

Keine / None

Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i>
Schriftliche Prüfung / <i>written exam</i>
Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
Deutsch / <i>German</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>
Die Vorlesungsfolien stehen online zur Verfügung. Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.  <i>Lecture slides will be available online. References will be given during first lecture.</i>

## I.2 Gebiet Elektrotechnische Grundlagen

### I.2.1 Grundlagen der Elektrotechnik B

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Grundlagen der Elektrotechnik B</b> <i>Fundamentals of Electrical Engineering B</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1012
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Grundlagen der Elektrotechnik B / <i>Fundamentals of Electrical Engineering B</i>
Semester	2. / <i>2nd</i>
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	4V + 2U <i>4L / 2Ex</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	8
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Die Studenten erlernen den sicheren Umgang mit den elektrotechnischen Grundgrößen. Sie lernen verschiedene Modellbeschreibungen elektrischer Komponenten und Netzwerke kennen und sind in der Lage, diese problemangepasst anzuwenden und damit einfache Berechnungen selbstständig durchzuführen. Die Studenten können die Sachverhalte zunehmend abstrahieren und größere Zusammenhänge erkennen.  <i>The students develop a confident handling of</i>

	<i>the basic electrical quantities. They have learnt several modeling approaches of electrical components and networks, which they are able to apply according to the given problem and to carry out simple computations self-reliantly. The students are more are more accustomed to considerations on abstract levels and thus to recognize wider relationships.</i>
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>	<b>1 schriftliche Prüfung / 1 written exam</b>

### Grundlagen der Elektrotechnik B

<b>Modul / Module</b>	<b>Grundlagen der Elektrotechnik B / Fundamentals of Electrical Engineering B</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.10102
Koordinator / Coordinator	Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik / Power Electronics and Electrical Drives
Typ / Type	4 V / 2 Ü / 4 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / Time of attendance: 90h Selbststudium / Self-study: 150h Ges. Arbeitspensum / Total workload: 240h
Leistungspunkte / Credits	8
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester / summer semester
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
Die Veranstaltung vermittelt den Umgang mit den elektrotechnischen Grundgrößen. Im Mittelpunkt stehen elektrische Netzwerke und ihre Grundkomponenten Widerstand, Kondensator, Spule und Transformator. Neben dem Gleichstrom-Gleichspannung-Verhalten werden elementare dynamische Ausgleichsvorgänge betrachtet. Einen weiteren wichtigen Schwerpunkt bildet die komplexe Wechselstromrechnung zur Untersuchung sinusförmiger Vorgänge.	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzwerke mit instationären Vorgängen: Beschreibung durch Differenzialgleichungen</li> <li>• Begriffe: elektrische Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad</li> <li>• lineare Netzwerke mit periodischen Vorgängen: komplexe Rechnung, Frequenzverhalten, Frequenzkennlinien, Ortskurven, Schwingkreise, Resonanz</li> <li>• Wirk-, Blind-, Scheinleistung, Effektivwert</li> <li>• Magnetische Felder, Materialien und Komponenten</li> <li>• Transformatoren und Übertrager: Funktionsprinzip, Eigenschaften, Ersatzschaltbild, Bemessung, Einsatzgebiete.</li> <li>• Prinzipien elektromechanischer Energiewandlung und deren Anwendungen: Elektro-</li> </ul>	

stati-sche Kraft, Lorentzkraft, magnetische Kräfte
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>
<p>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence Die Studenten erlernen den sicheren Umgang mit den elektrotechnischen Grundgrößen. Sie lernen verschiedene Modellbeschreibungen elektrischer Komponenten und Netzwerke kennen und sind in der Lage, diese problemangepasst anzuwenden und damit einfache Berechnungen selbstständig durchzuführen.</p> <p>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills Die Studenten können Sachverhalte zunehmend abstrahieren und größere Zusammenhänge erkennen.</p>
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen und Übungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Die Lehrinhalte werden in Übungen anhand von Aufgaben mit praktischem Bezug vertieft. Zusätzlich werden Kleingruppenübungen angeboten.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i></b>
GET-A
HM-A
Physik und Mathematik auf Oberstufenniveau
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i></b>
Lehrveranstaltungsbegleitende Leistungskontrollen sowie Abschlussklausur
<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b>
Deutsch / <i>German</i>
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i></b>
<p>J. Böcker: Vorlesungsskript: Grundlagen der Elektrotechnik Teil B M. Albach: Grundlagen der Elektrotechnik, Band 2. Periodische und nicht periodische Signalformen, Pearson Studium, 2005 R. Kories, H. Schmidt-Walter: Taschenbuch der Elektrotechnik, Verlag Harri Deutsch</p>

## I.2.2 Messtechnik

<b>Modulname <i>Name of module</i></b>	<b>Messtechnik <i>Measurement Engineering</i></b>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1022
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Messtechnik
Semester	4.
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul
Modulbetreuer	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.

<i>Module advisor</i>	
<i>Sprache / Language</i>	Deutsch
<i>Organisationsform Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen
<i>Semesterwochenstunden Contact hours per week per semester</i>	2V + 2Ü
<i>Kreditpunkte / Credits ECTS</i>	5
<i>Lernziele Learning objectives</i>	Die Studierenden sollen die Grundlagen der Metrologie zur qualitativen und quantitativen Bestimmung und Angabe physikalischer und technischer Größen kennen und verstehen lernen. Die Studierenden sollen außerdem die Kompetenz zur Analyse und Behandlung mit Messabweichungen behafteter, experimentell bestimmter Messgrößen erlangen.
<i>Prüfungsmodalitäten Assessments</i>	schriftliche Modulabschlussprüfung

## Messtechnik

<i>Modul / Module</i>	<b>Messtechnik Metrology</b>
<i>Veranstaltungsnummer / Course ID</i>	L.048.10202
<i>Koordinator / Coordinator</i>	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<i>Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit</i>	Fachgebiet Elektrische Messtechnik
<i>Typ / Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
<i>Arbeitspensum / Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
<i>Leistungspunkte / Credits</i>	5
<i>Modulseite / Module Homepage</i>	<a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
<i>Zeitmodus / Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<i>Kurzbeschreibung / Short Description</i>	
In der Vorlesung Messtechnik werden die Grundlagen der Metrologie zur qualitativen und quantitativen Bestimmung physikalischer und technischer Größen erörtert. Die Lehrveranstaltung Messtechnik vermittelt dabei Methoden zur Charakterisierung des Informationsgehaltes von Messgrößen und die Behandlung von mit Messabweichungen bzw. Messunsicherheit behafteten Messgrößen. Die Funktion und die Realisierung wichtiger Messschaltungen werden vorgestellt sowie die Anwendungsmöglichkeiten und Eigenschaften ausgewählter Messgeräte charakterisiert.	

<b>Inhalt / Contents</b>
<p>Die Vorlesung gliedert sich wie folgt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Grundlagen der Messtechnik</li> <li>• Messabweichung und Messunsicherheit</li> <li>• Messbrückenschaltungen (Gleichstrom-, Gleichspannungs-, Wechselstrom-, Wechselspannungsspeisung, Trägerfrequenzmessbrücke)</li> <li>• Messung elektrischer Größen (Strom, Spannung, Leistung, Arbeit, Gleich- und Wechselgrößen, Messschaltungen, Messungen in Drehstromnetzen)</li> <li>• Messverstärker</li> <li>• Digitale Messtechnik (Quantisierung, Abtasttheorem, ADU-, DAU-Verfahren)</li> <li>• Geräte der digitalen Messtechnik (Universalzähler, Rechnergestützte Datenerfassung, Oszilloskop, Vielfachmessgerät, FFT-Analysator)</li> <li>• Signalanalyse (Amplituden-, Zeit-, Frequenz-, Verschiebezeitbereich)</li> </ul>
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• für die experimentelle Bestimmung physikalischer Größen geeignete Messschaltungen bzw. technische Komponenten auszuwählen (Lösung),</li> <li>• Methoden zur Bestimmung der Gesamtmessabweichung bzw. Gesamtmessunsicherheit aus verschiedenen Einzelmesswerten bzw. messgrößen anzuwenden,</li> <li>• Messsignalmerkmale im Amplituden-, Zeit-, Verschiebezeit- und Frequenzbereich zu charakterisieren (Lösung),</li> <li>• Messergebnisse korrekt darzustellen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen,</li> <li>• erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium.</li> </ul>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
<p>Die Lehrinhalte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert. Zur Darstellung und Charakterisierung ausgewählter und komplexerer Zusammenhänge werden zusätzlich Matlab-Programme eingesetzt. In den Übungen werden die Lehrveranstaltungsinhalte anhand einfacher in der Praxis relevanter Aufgabenstellungen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden. Ein Tutorium bietet den Studierenden darüber hinaus die Möglichkeit die Lehrveranstaltungsinhalte zu festigen.</p>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
<p>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Grundlagen der Elektrotechnik.</p>
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
<p>Keine / None</p>
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
<p>Schriftliche Prüfung / written exam</p>
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>

Deutsch / <i>German</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>
Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

### I.2.3 Theorie der Elektrotechnik (Version v2, v3)

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Theorie der Elektrotechnik</b>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1031
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldtheorie</li> <li>• Elektromagnetische Wellen</li> </ul>
Semester	4. + 5.
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2Ü je Lehrveranstaltung
Kreditpunkte / Credits ECTS	12 (2 x 6)
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Die Studierenden sollen die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Größen der Feldtheorie verstehen und in mathematischer Form anwenden können. Darüber hinaus sollen sie die Vorgänge in stationären, quasistationären und zeitveränderlichen elektromagnetischen Feldern verstehen und sie in einem sich daraus entwickelnden zentralen Kompetenzbereich in Beziehung zu einfachen elektrotechnischen Systemen setzen können.
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	2 schriftliche Prüfungen

## Feldtheorie

Modul / <i>Module</i>	<b>Feldtheorie</b> <b><i>Field Theory</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.10302
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 60h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>In der Vorlesung Feldtheorie werden die Grundgleichungen der Elektrodynamik ausführlich in ihrer Gesamtheit diskutiert und anschaulich gedeutet. Die Veranstaltung wiederholt dazu einige wichtige mathematische Grundlagen, vorwiegend aus der Vektoranalysis. Weitere wichtige Konzepte umfassen die konstitutiven Beziehungen und Modelle für Felder in Materie, die Stetigkeit der Felder an Materialgrenzen sowie die physikalische Herleitung der Energie im elektromagnetischen Feld. Anschließend werden aus diesen Grundgleichungen die verschiedenen Teilgebiete deduktiv entwickelt, zunächst die Elektrostatik und das elektrische Strömungsfeld, anschließend die Magnetostatik. Für alle diese Teilbereiche werden die mathematischen Darstellungen durch anschauliche exemplarische Beispiele begleitet.</p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Die Vorlesung Feldtheorie gliedert sich wie folgt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrostatik: Elektrostatische Kraft, elektrisches Feld, Feldlinien, Gaußsches Gesetz, elektrostatisches Potential, Energie, Leiter, Kapazität, Lösung von Laplace- und Poissongleichung, Multipolentwicklung, Dielektrika</li> <li>• Magnetostatik: Lorentzkraft, Gesetz von Biot-Savart, Amperesches Gesetz, Vektorpotential, Magnetische Felder in Materie</li> <li>• Vervollständigung der Maxwell'schen Gleichungen</li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<p>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache elektromagnetische Feldprobleme mathematische zu beschreiben (Modellbildung)</li> <li>• eine geeignete Lösungsmethode auszuwählen und anzuwenden (Lösung)</li> <li>• die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu deuten (Interpretation)</li> </ul>	

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills Die Studierenden
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen</li> <li>• erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,</li> <li>• erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz</li> </ul>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die daneben aber auch einen großen Anteil an Feldvisualisierungen enthält. In den Übungen wird die Theorie anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden.
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Grundlagen der Elektrotechnik.
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Keine / None
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Eine schriftliche Prüfung
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch / German
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>

#### I.2.4 Feldtheorie (Version v4, v5)

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Feldtheorie</b>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1033
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Feldtheorie
Semester	4.
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2Ü

Kreditpunkte / Credits ECTS	6
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Die Studierenden sollen die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Größen der Feldtheorie verstehen und in mathematischer Form anwenden können. Darüber hinaus sollen sie die Vorgänge in statischen elektrischen und magnetischen Feldern verstehen und sie in einem sich daraus entwickelnden zentralen Kompetenzbereich in Beziehung zu einfachen stationären elektrotechnischen Systemen setzen können.
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	schriftliche Modulabschlussprüfung

### Feldtheorie

Modul / <i>Module</i>	<b>Feldtheorie</b> <b><i>Field Theory</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.10302
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 60h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>In der Vorlesung Feldtheorie werden die Grundgleichungen der Elektrodynamik ausführlich in ihrer Gesamtheit diskutiert und anschaulich gedeutet. Die Veranstaltung wiederholt dazu einige wichtige mathematische Grundlagen, vorwiegend aus der Vektoranalysis. Weitere wichtige Konzepte umfassen die konstitutiven Beziehungen und Modelle für Felder in Materie, die Stetigkeit der Felder an Materialgrenzen sowie die physikalische Herleitung der Energie im elektromagnetischen Feld. Anschließend werden aus diesen Grundgleichungen die verschiedenen Teilgebiete deduktiv entwickelt, zunächst die Elektrostatik und das elektrische Strömungsfeld, anschließend die Magnetostatik. Für alle diese Teilbereiche werden die mathematischen Darstellungen durch anschauliche exemplarische Beispiele begleitet.</p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Die Vorlesung Feldtheorie gliedert sich wie folgt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrostatik: Elektrostatische Kraft, elektrisches Feld, Feldlinien, Gaußsches Gesetz,</li> </ul>	

<p>elektrostatishes Potential, Energie, Leiter, Kapazität, Lösung von Laplace- und Poissongleichung, Multipolentwicklung, Dielektrika</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetostatik: Lorentzkraft, Gesetz von Biot-Savart, Amperesches Gesetz, Vektorpotential, Magnetische Felder in Materie</li> <li>• Vervollständigung der Maxwell'schen Gleichungen</li> </ul>
<p>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></p>
<p>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache elektromagnetische Feldprobleme mathematische zu beschreiben (Modellbildung)</li> <li>• eine geeignete Lösungsmethode auszuwählen und anzuwenden (Lösung)</li> <li>• die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu deuten (Interpretation)</li> </ul> <p>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen</li> <li>• erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,</li> <li>• erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz</li> </ul>
<p>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></p>
<p>Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die daneben aber auch einen großen Anteil an Feldvisualisierungen enthält. In den Übungen wird die Theorie anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden.</p>
<p>Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i></p>
<p>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Grundlagen der Elektrotechnik.</p>
<p>Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p>Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i></p>
<p>Eine schriftliche Prüfung</p>
<p>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></p>
<p>Deutsch / <i>German</i></p>
<p>Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i></p>

## I.3 Gebiet Technisch-physikalische Grundlagen

### I.3.1 Technische Mechanik

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Mechanik / Mechanics</b>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1332
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Technische Mechanik für Elektrotechniker <i>Technical mechanics for electrical engineers</i>
Semester	2. Semester / 2 <sup>nd</sup> semester
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	3V + 2U 3L / 2Ex
Kreditpunkte / Credits ECTS	6
Lernziele <i>Learning objectives</i>	<p>Das Modul „Mechanik“ vermittelt die Grundlagen der Mechanik aus den Bereichen Statik von Körpern, Kräften, elastischen und inelastischen Verformungen sowie Kinetik. Die Studierenden sind nach der erfolgreichen Teilnahme an dem Modul in der Lage, die o. a. Größen zu einfachen Körpern zu berechnen.</p> <p><i>The module "Mechanics" presents the basic knowledge of mechanics in the areas of static of bodies, forces, elastic and inelastic deformations and kinetics. After successful participation in the module the students are able to calculate these variables of simple bodies.</i></p>
Prüfungsmodalitäten <i>Assesments</i>	1 schriftliche Prüfung <i>1 written exam</i>

#### Technische Mechanik für Elektrotechniker

Modul / <i>Module</i>	<b>Technische Mechanik</b> <b><i>Technical Mechanics</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.104.12180

Koordinator / <i>Coordinator</i>	Sextro, Walter, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Dozent des Maschinenbaus <i>Department of Mechanical Engineering</i>
Typ / <i>Type</i>	3 V / 2 Ü 3 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://mb.uni-paderborn.de/mud/lehre/lehrangebote-bachelor/">http://mb.uni-paderborn.de/mud/lehre/lehrangebote-bachelor/</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
Die Vorlesung behandelt die Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte (Statik) und die Grundlagen der Dynamik. Der Schwerpunkt liegt auf Grundlagen und der Vermittlung des Methodenwissens. Die Hörer/innen sollen lernen, wie man unter Anwendung von Prinzipien der Technischen Mechanik die Gleichungen, die das Verhalten einfacher mechanischer Systeme beschreiben, herleitet und diese löst.	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
1. Einleitung 1.1 Was ist Technische Mechanik? 1.2 Grundbegriffe und Axiome  2. Statik 2.1 Statik des starren Körpers 2.2 Parallele Kräftegruppen, Kräftemittelpunkt, Schwerpunkt 2.3 Haftung und Reibung  3. Dynamik 3.1 Kinematik des Punktes 3.2 Kinematik des Starrkörpers 3.3 Relativbewegung 3.4 Kinetik des Massenpunktes und des Punkthaufens 3.5 Kinetik des starren Körpers	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Tafel, Overheadprojektor und Beamer</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern</li> </ul>	
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i></b>	
Es handelt sich um eine Grundlagenvorlesung für die keine fachspezifischen Vorkenntnisse erforderlich sind. Die parallele Teilnahme an der Übung "Technische Mechanik für Elektrotechniker" ist für die Vorlesung empfehlenswert.	
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i></b>	
Keine / <i>None</i>	
<b>Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i></b>	

Schriftliche Prüfung / <i>written exam</i>
Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
Deutsch / <i>German</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>
- Hagedorn: Technische Mechanik, Bände 1, 2 und 3, Verlag Harri Deutsch Frankfurt, 2006. - Gross, Hauger, Schnell: Technische Mechanik 1 Statik , Springer-Verlag, 2006. - Gross, Hauger, Schnell: Technische Mechanik 3 Dynamik, Springer-Verlag, 2011.
Bemerkungen / <i>Comments</i>
<b>Zielgruppe:</b> Studierende der Elektrotechnik, der Ingenieurinformatik, der Technomathematik und der Informatik mit Nebenfach Maschinenbau

### I.3.2 Bauelemente (Version v2, v3)

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Bauelemente / Devices</b>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1041
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkstoffe der Elektrotechnik / <i>Materials for Electrical Engineering</i></li> <li>• Halbleiterbauelemente / <i>Semiconductor Devices</i></li> </ul>
Semester	2. und 3. Semester / <i>2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> semester</i>
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	SS 2V + 1 U / 2L + 1 Ex WS 2V + 2 U / 2L + 2 Ex
Kreditpunkte / Credits ECTS	8 (4 + 4)
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Das Modul „Bauelemente“ beinhaltet die Vorlesungen „Werkstoffe der Elektrotechnik“ und „Halbleiterbauelemente“. Das Modul vermittelt die Grundlagen der elektrischen Eigenschaften von Isolatoren, Leitern und Halbleitermaterialien basierend auf dem atomaren Aufbau der Materie sowie die Grundlagen elektronischer Halbleiterbauelemente wie Dioden und Transistoren. Die Studierenden können nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul das elektrische Verhalten von Materialien in Abhängigkeit

	<p>von der Bauteilgröße erklären und einfache Bauelemente und Grundsaltungen hinsichtlich der Größen Strom und Spannung berechnen.</p> <p><i>The modul "Devices" includes the lectures "Materials for Electrical Engineering" and "Semiconductor Devices". It explains the basics of the electrical characteristics of insulators, conductors and semiconductors on the base of the atomic structure of the materials. Additionally the basics of electronic devices like diodes and transistors are explained. After successful participation in this course the students are able to describe the electrical characteristics of materials in dependence on the geometries and are able to calculate the current/voltage behavior of electronic devices and basic circuitries.</i></p>
Prüfungsmodalitäten Assessments	2 schriftliche Prüfungen 2 written exams

### Werkstoffe der Elektrotechnik

Modul / Module	Werkstoffe der Elektrotechnik <i>Materials for Electrical Engineering</i>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.10401
Koordinator / Coordinator	Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Höchstfrequenzelektronik <i>High-Frequency Electronics</i>
Typ / Type	2 V / 1 Ü 2 L / 1 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 0h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 0h
Leistungspunkte / Credits	4
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/wks.html">http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/wks.html</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i>	
<p>Die Lehrveranstaltung Werkstoffe der Elektrotechnik vermittelt aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht grundlegende Kenntnisse der Festkörperphysik, die für das Verständnis der charakteristischen Eigenschaften verschiedener Materialgruppen und die Funktionsweise der darauf basierenden elektrotechnischen und elektronischen Bauelemente erforderlich sind.</p> <p>Sie bildet somit ein Fundament für die Lehrveranstaltung Halbleiterbauelemente und darüber hinaus für eine Vielzahl von weiterführenden Lehrveranstaltungen wie insbesondere Halbleiterschaltungs-</p>	

technik und Messtechnik.

*The course Materials for Electrical Engineering provides basics of solidstate physics from an engineering science perspective, which are needed to understand characteristic properties a different material classes and the function of electrical and electronic devices based on the latter.*

*The course constitutes the basis for the courses Semiconductor Devices and furthermore for numerous continuative courses such as Semiconductor Circuit Technology and Measurement Technology.*

#### Inhalt / Contents

Die Veranstaltung Werkstoffe der Elektrotechnik bietet zunächst eine ingenieurwissenschaftlich orientierte Einführung in die Grundlagen der Festkörperphysik. Daran anschließend werden mechanische und vor allem elektrische Eigenschaften der Metalle und Legierungen besprochen. Den Schwerpunkt bilden die Halbleiterwerkstoffe, wobei ausgehend von Bandstruktur und Bändermodell grundlegende Effekte diskutiert, die makroskopischen Halbleitergleichungen eingeführt und mit deren Hilfe einfache Grundstrukturen einschließlich des pn-Übergangs berechnet werden. Den Abschluss dieser Veranstaltung bietet eine jeweils atomistische und makroskopische Sicht auf dielektrische und magnetische Werkstoffe.

*The course Materials for Electrical Engineering provides an introduction to basics of solid-state physics from an engineering science perspective. Next, mechanical and in particular electrical properties of metals and alloys are discussed. The main focus of the course is constituted by semiconductors. Starting from band structures and band diagrams, basic effects are discussed, macroscopic model equations are introduced, and simple structures including pn junctions are calculated. Finally, atomistic and macroscopic views to each, dielectric and magnetic materials are taken.*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

##### Fachliche Kompetenzen

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- das charakteristische Verhalten verschiedener Materialklassen zu beschreiben,
- dieses Verhalten aus atomistischer Sicht zu erklären
- und dabei die jeweils geeigneten Modelle auszuwählen und anzuwenden.

##### Fachübergreifende Kompetenzen

Die Studierenden

- können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,
- komplexe technische Systeme durch fortschreitende Abstraktion beschreiben,
- sowie Lösungsvorschläge erarbeiten, präsentieren und im Team weiterentwickeln.

##### Professional Competence

*After attending the course, the students will be able to*

- *describe the characteristic behavior of different material classes,*
- *to explain this behavior from an atomistic view*
- *and to select and apply the appropriate models.*

##### (Soft) Skills

*The students*

- *can use methodic knowledge for systematic problem analysis,*
- *can describe complex systems by gradual abstraction,*
- *and can generate, present, and develop solutions in a team.*

<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, unterstützt durch Lehrfilme, Animationen und Folien,</li> <li>• Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden vorbereiten, der Gruppe präsentieren und mit dieser sowie dem Übungsleiter gegebenenfalls vollenden.</li> <li>• Lectures with black board presentation, supported by teaching movies, animated graphics and transparencies,</li> <li>• Presence exercises with task sheets, with solutions to be prepared, presented to the group, and completed if necessary by help of the teacher by students.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik. <i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and Foundations of Electrical Engineering.</i>
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Keine / None
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Eine schriftliche Prüfung <i>Written exam</i>
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch / German
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
A. Thiede, Werkstoffe der Elektrotechnik, Vorlesungsskript Universität Paderborn weiterführende und vertiefende Literatur / continuative and deepening literature W. v. Münch, Werkstoffe der Elektrotechnik, Teubner-Verlag, 1993 (51 XWO 1013) K. Kopitzki, Einführung in die Festkörperphysik, Teubner-Verlag, 1993 (41 UIQ 4016) H. Vogel, Gerthsen Physik, Springer-Verlag, 1999 (41 UAP 1485) R. Paul, Halbleiterphysik, Hüthig Verlag, 1975 (65 UIU 1589) A. Möschwitzer, K. Lunze, Halbleiterelektronik-Lehrbuch, Verlag Technik, 1984 (... YEM 1161)

### I.3.3 Werkstoffe der Elektrotechnik (Version v4, v5)

<b>Modulname Name of module</b>	<b>Werkstoffe der Elektrotechnik / Materials for Electrical Engineering</b>
Modulnummer / Module ID	M.048.1043
Lehrveranstaltungen Courses	Werkstoffe der Elektrotechnik / Materials for Electrical Engineering
Semester	2. Semester / 2 <sup>nd</sup> semester
Modulart Module type	Pflichtmodul Compulsory module
Modulbetreuer Module advisor	Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.

Sprache / <i>Language</i>	Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	SS 2V + 1 U / 2L + 1 Ex
Kreditpunkte / Credits ECTS	4
Lernziele <i>Learning objectives</i>	<p>Das Modul „Werkstoffe“ beinhaltet die Vorlesung „Werkstoffe der Elektrotechnik“. Das Modul vermittelt die Grundlagen der elektrischen Eigenschaften von Isolatoren, Leitern und Halbleitermaterialien basierend auf dem atomaren Aufbau der Materie. Die Studierenden können nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul das elektrische Verhalten von Materialien in erklären und berechnen.</p> <p><i>The modul "Materials" includes the lecture "Materials for Electrical Engineering". It explains the basics of the electrical characteristics of insulators, conductors and semiconductors on the base of the atomic structure of the materials. After successful participation in this course the students are able to describe and calculate the electrical characteristics of materials.</i></p>
Prüfungsmodalitäten <i>Assesements</i>	1 schriftliche Prüfung <i>1 written exam</i>

### Werkstoffe der Elektrotechnik

Modul / <i>Module</i>	<b>Werkstoffe der Elektrotechnik</b> <b><i>Materials for Electrical Engineering</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.10401
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Höchstfrequenzelektronik <i>High-Frequency Electronics</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 1 Ü 2 L / 1 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 0h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 0h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	4
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/wks.html">http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/wks.html</a>
Zeitmodus /	Sommersemester

Semester	summer semester
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Lehrveranstaltung Werkstoffe der Elektrotechnik vermittelt aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht grundlegende Kenntnisse der Festkörperphysik, die für das Verständnis der charakteristischen Eigenschaften verschiedener Materialgruppen und die Funktionsweise der darauf basierenden elektrotechnischen und elektronischen Bauelemente erforderlich sind.</p> <p>Sie bildet somit ein Fundament für die Lehrveranstaltung Halbleiterbauelemente und darüber hinaus für eine Vielzahl von weiterführenden Lehrveranstaltungen wie insbesondere Halbleiterschaltungstechnik und Messtechnik.</p> <p><i>The course Materials for Electrical Engineering provides basics of solidstate physics from an engineering science perspective, which are needed to understand characteristic properties a different material classes and the function of electrical and electronic devices based on the latter.</i></p> <p><i>The course constitutes the basis for the courses Semiconductor Devices and furthermore for numerous continuative courses such as Semiconductor Circuit Technology and Measurement Technology.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Die Veranstaltung Werkstoffe der Elektrotechnik bietet zunächst eine ingenieurwissenschaftlich orientierte Einführung in die Grundlagen der Festkörperphysik. Daran anschließend werden mechanische und vor allem elektrische Eigenschaften der Metalle und Legierungen besprochen. Den Schwerpunkt bilden die Halbleiterwerkstoffe, wobei ausgehend von Bandstruktur und Bändermodell grundlegende Effekte diskutiert, die makroskopischen Halbleitergleichungen eingeführt und mit deren Hilfe einfache Grundstrukturen einschließlich des pn-Übergangs berechnet werden. Den Abschluss dieser Veranstaltung bietet eine jeweils atomistische und makroskopische Sicht auf dielektrische und magnetische Werkstoffe.</p> <p><i>The course Materials for Electrical Engineering provides an introduction to basics of solid-state physics from an engineering science perspective. Next, mechanical and in particular electrical properties of metals and alloys are discussed. The main focus of the course is constituted by semiconductors. Starting from band structures and band diagrams, basic effects are discussed, macroscopic model equations are introduced, and simple structures including pn junctions are calculated. Finally, atomistic and macroscopic views to each, dielectric and magnetic materials are taken.</i></p>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>	
<p><b>Fachliche Kompetenzen</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das charakteristische Verhalten verschiedener Materialklassen zu beschreiben,</li> <li>• dieses Verhalten aus atomistischer Sicht zu erklären</li> <li>• und dabei die jeweils geeigneten Modelle auszuwählen und anzuwenden.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,</li> <li>• komplexe technische Systeme durch fortschreitende Abstraktion beschreiben,</li> <li>• sowie Lösungsvorschläge erarbeiten, präsentieren und im Team weiterentwickeln.</li> </ul> <p><i>Professional Competence</i></p> <p><i>After attending the course, the students will be able to</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>describe the characteristic behavior of different material classes,</i></li> <li>• <i>to explain this behavior from an atomistic view</i></li> <li>• <i>and to select and apply the appropriate models.</i></li> </ul>	

*(Soft) Skills*

*The students*

- *can use methodic knowledge for systematic problem analysis,*
- *can describe complex systems by gradual abstraction,*
- *and can generate, present, and develop solutions in a team.*

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, unterstützt durch Lehrfilme, Animationen und Folien,
- Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden vorbereiten, der Gruppe präsentieren und mit dieser sowie dem Übungsleiter gegebenenfalls vollenden.
- Lectures with black board presentation, supported by teaching movies, animated graphics and transparencies,
- Presence exercises with task sheets, with solutions to be prepared, presented to the group, and completed if necessary by help of the teacher by students.

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik.

*Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and Foundations of Electrical Engineering.*

**Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Keine / None

**Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Eine schriftliche Prüfung

*Written exam*

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Deutsch / German

**Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

A. Thiede, Werkstoffe der Elektrotechnik, Vorlesungsskript Universität Paderborn  
weiterführende und vertiefende Literatur / continuative and deepening literature  
W. v. Münch, Werkstoffe der Elektrotechnik, Teubner-Verlag, 1993 (51 XWO 1013)  
K. Kopitzki, Einführung in die Festkörperphysik, Teubner-Verlag, 1993 (41 UIQ 4016)  
H. Vogel, Gerthsen Physik, Springer-Verlag, 1999 (41 UAP 1485)  
R. Paul, Halbleiterphysik, Hüthig Verlag, 1975 (65 UIU 1589)  
A. Möschwitzer, K. Lunze, Halbleiterelektronik-Lehrbuch, Verlag Technik, 1984 (... YEM 1161)

## I.4 Gebiet Grundlagen der Informations- und Systemtechnik

### I.4.1 Modul Technische Informatik

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Technische Informatik für ET</b> <b>Computer Engineering</b>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1061
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	• Grundlagen der Technischen Informatik / <i>Fundamentals of Computer Engineering</i>
Semester	2. und 3. / <i>2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup></i>
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U je Lehrveranstaltung <i>2L / 2Ex per course</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	8 (2 x 4)
Lernziele <i>Learning objectives</i>	<p>Die Studierenden sollen nach Absolvieren des Moduls die Grundlagen des digitalen Entwurfs auf Gatter- und auf Register-Transfer-Ebene beherrschen. Weiterhin sollen sie den Aufbau moderner Rechensysteme verstehen und Entwurfsprinzipien zur Optimierung der Rechenleistung bei vertretbaren Kosten erklären und anwenden können.</p> <p><i>After completing the module, the students are expected to be familiar with the basic principles and techniques of digital design both at the logic and at the register transfer level. Furthermore, they are supposed to understand the architecture and organization of modern computer systems, and they should be able to explain and apply design strategies for optimizing the cost/performance trade-off.</i></p>
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	2 schriftliche Prüfungen <i>2 written exams</i>

## Grundlagen der Technischen Informatik

Modul / Module	<b>Grundlagen der Technischen Informatik</b> <b>Introduction to Computer Engineering</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.079.05202
Koordinator / Coordinator	Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Fachgebiet Datentechnik Computer Engineering Group
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / Credits	4
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://www.date.uni-paderborn.de/lehre/lehveranstaltungen/">http://www.date.uni-paderborn.de/lehre/lehveranstaltungen/</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Veranstaltung „Grundlagen der Technischen Informatik“ gibt eine Einführung in den Entwurf digitaler Schaltungen und Systeme. Dabei wird der Bogen vom Logikentwurf auf Gatterebene bis hin zu komplexeren Systemen auf Register-Transfer-Ebene gespannt. Die vermittelten Techniken und Methoden werden in den Übungen mit modernen Entwurfswerkzeugen praktisch umgesetzt.</p> <p><i>The course „Introduction to Computer Engineering“ focuses on the design of digital circuits and systems. The topics comprise design techniques both at logic and at register transfer level. Practical exercises using state of the art design tools complement the lecture.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung von Information und Fehlerkorrigierende Codes</li> <li>• Boolesche Algebra</li> <li>• Gatter und Schaltnetze</li> <li>• Logikoptimierung (Optimierung zweistufiger Logik nach Quine/McCluskey)</li> <li>• Automaten und Schaltwerke (festverdrahtet, mikroprogrammierbar)</li> <li>• Arithmetische Einheiten als Entwurfsbeispiele</li> <li>• Entwurf auf Register-Transfer-Ebene</li> <li>• Hardware-Beschreibungssprachen und Entwurf mit VHDL</li> </ul> <p><i>In detail the following topics are covered:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Representation of information and error correcting codes</i></li> <li>• <i>Boolean Algebra</i></li> <li>• <i>Gates and combinational logic</i></li> <li>• <i>Logic optimization (Optimization of two-level logic using the Quine/McCluskey algorithm)</i></li> <li>• <i>Finite state machines and sequential circuits</i></li> </ul>	

- *Arithmetic units as design examples*
- *Design at Register-Transfer-Level*
- *Hardware-Description Languages and VHDL design*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

##### **Fachliche Kompetenzen**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- den Entwurfsablauf von der Spezifikation bis zur technischen Realisierung zu beschreiben,
- die zugrunde liegenden mathematischen Modelle aus der Booleschen Algebra und der Automata-theorie zu erklären und anzuwenden,
- Entwürfe im Hinblick auf vorgegebene Entwurfsziele zu analysieren und bewerten, sowie
- einfache Systeme selbständig zu konzipieren und mit den entsprechenden Entwurfswerkzeugen technisch zu realisieren.

##### **Fachübergreifende Kompetenzen**

Die Studierenden

- können die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen,
- haben Erfahrung in Teamarbeit und sind in der Lage Ziele mit anderen gemeinsam umzusetzen,
- können die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.

##### **Professional Competences**

*After attending the course, the students will be able*

- *to describe the design flow from the specification to the technical realization,*
- *to explain the underlying mathematical models from Boolean Algebra and Automata Theory and to apply them,*
- *to analyze and evaluate designs with respect to given design objectives, and*
- *to design simple digital systems and to realize them with state of the art design tools.*

##### **(Soft) Skills**

*The students*

- *are able to apply the practiced strategies for problem solving across varying disciplines,*
- *have experience to work in teams and are able to reach common goals together with other students,*
- *know how to improve their competences by private study.*

#### Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung mit Beamer und Tafel
- Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer
- Praktische Übungen zum VHDL Entwurf (Teamarbeit)
- *Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard*
- *Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions*
- *VHDL design lab (in teams)*

<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
Keine / None
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Schriftliche Prüfung / <i>written exam</i>
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch / <i>German</i>
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien</li> <li>• J. F. Wakerly, „Digital Design,“ 4th Edition, Upper Saddle River, NJ: Pearson / Prentice Hall, 2007</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs</li> <li>• <i>Handouts of lecture slides</i></li> <li>• J. F. Wakerly, „Digital Design,“ 4th Edition, Upper Saddle River, NJ: Pearson / Prentice Hall, 2007</li> <li>• <i>Additional links to books and other material available in koala</i></li> </ul>

#### I.4.2 Modul Signal- und Systemtheorie (Version v2, v3)

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Signal- und Systemtheorie</b> <i>Signal and System Theory</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1071
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signaltheorie / <i>Signal Theory</i></li> <li>• Systemtheorie / <i>System Theory</i></li> </ul>
Semester	4. / <i>4th</i>
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Prof. Dr. Peter Schreier
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U je Lehrveranstaltung <i>2L / 2Ex per course</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	10 (2 x 5)

<b>Lernziele</b> <i>Learning objectives</i>	<p>Die Studierenden sollen mit der Beschreibung und der Analyse von zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen und von dynamischen Systemen mit Hilfe von abstrahierenden, also von der konkreten Realisierung wegstrebenden, signal- und systemtheoretischen Methoden vertraut gemacht werden. Das Modul stellt ein Fundament dar für eine weitergehende Vertiefung in der Automatisierungs- und Regelungstechnik sowie in der Informations- und Kommunikationstechnik.</p> <p><i>The students are to be familiarized with the description and analysis of continuous-time and discrete-time signals and of dynamical systems with the help of abstract methods from signal and system theory, i.e. methods which go beyond concrete realization. The module forms a basis upon which further knowledge in automation and control technology, and in information and communication technology can be built.</i></p>
<b>Prüfungsmodalitäten</b> <i>Assessments</i>	2 schriftliche Prüfungen 2 written exams

### Signaltheorie

<b>Modul /</b> <i>Module</i>	<b>Signaltheorie</b> <b>Signal Theory</b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.10701
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Prof. Dr. Peter Schreier
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Signal- und Systemtheorie <i>Signal and System Theory Group</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 45h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 105h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 150h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	5
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://sst.upb.de/teaching">sst.upb.de/teaching</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
In dieser Veranstaltung werden zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Signale im Zeit- und Frequenz-	

bereich behandelt. Dabei werden Fourier-Reihen, die Fourier-Transformation, die zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT) und die diskrete Fourier Transformation (DFT) eingeführt. Der durch das Abtasttheorem gegebene Zusammenhang zwischen zeitdiskreten und zeitkontinuierlichen Signalen wird ausführlich besprochen.

*This course covers continuous- and discrete-time signals in the time and frequency domains. This includes Fourier series, the Fourier transform, the discrete-time Fourier transform (DTFT), and the discrete Fourier transform (DFT). The connection between discrete-time and continuous-time signals given by the sampling theorem is discussed in detail.*

#### Inhalt / Contents

- Einführung
- Signale: Klassifizierung und einfache Operationen
- Systeme: Klassifizierung und einfache Eigenschaften von LTI Systemen
- Fourier-Reihen von periodischen zeitkontinuierlichen Signalen
- Fourier-Transformation von zeitkontinuierlichen Signalen
- Zeitdiskrete Fourier-Transformation
- Sampling
- Diskrete Fourier-Transformation
- Spektralanalyse
  
- *Introduction*
- *Signals: Classification and simple operations*
- *Systems: Classification and simple properties of LTI systems*
- *Fourier series of continuous-time signals*
- *Discrete-time Fourier transform*
- *Sampling*
- *Discrete Fourier transform*
- *Spectral analysis*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

##### **Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Signale im Zeit- und Frequenzbereich zu analysieren,
- lineare zeitinvariante Systeme im Zeit- und Frequenzbereich zu beschreiben,
- das Abtasttheorem zu verwenden, um zeitkontinuierliche Signale mit zeitdiskreten Systemen zu verarbeiten.

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einsetzen,
- können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und
- sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

##### **Professional Competence**

*After attending this course, students will be able to:*

- *analyze continuous-time and discrete-time signals in the time and frequency domains*
- *describe linear time-invariant systems in the time and frequency domains*
- *use the sampling theorem to process continuous-time signals with discrete-time systems.*

<p><b>Soft skills</b> Students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• apply their knowledge to other subject areas</li> <li>• apply a structured approach to systematic analysis</li> <li>• further educate themselves because of the abstract and precise treatment of topics in this course.</li> </ul>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner</li> <li>• <i>Lecture</i></li> <li>• <i>Tutorials with problems, some also involving MATLAB demonstrations</i></li> </ul>
<p><b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b></p> <p>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik. <i>Background in Advanced Mathematics, Physics, and Fundamentals of Electrical Engineering.</i></p>
<p><b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b></p> <p>Keine / None</p>
<p><b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b></p> <p>Schriftliche Prüfung / <i>written exam</i></p>
<p><b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b></p> <p>Deutsch / <i>German</i></p>
<p><b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b></p> <p>Die Vorlesungsfolien stehen online zur Verfügung. Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben. <i>Lecture slides are available online. Literature references are given in the first lecture.</i></p>

## Systemtheorie

Modul / Module	<b>Systemtheorie</b> <b>System Theory</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.10702
Koordinator / Coordinator	Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Regelungs- und Automatisierungstechnik Automatic Control
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 0h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 0h
Leistungspunkte /	5

Credits	
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://www-srt.uni-paderborn.de/lehre/skripte.html">http://www-srt.uni-paderborn.de/lehre/skripte.html</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester summer semester
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Veranstaltung Systemtheorie bietet eine Einführung in die fundamentalen Techniken, die für das Verständnis und die Analyse von zeitkontinuierlichen (linearen) dynamischen Systemen erforderlich sind. Die Studierenden werden an die Erarbeitung und Anwendung dieser grundlegenden Methoden in einer abstrahierenden Weise herangeführt, wobei wegen der angestrebten Klarheit und Präzision der Abhandlungen der Einsatz mathematischer Notationen unverzichtbar ist - allerdings ist die Rolle der Mathematik mehr auf das Entdecken von Zusammenhängen als auf die Führung von Beweisen gerichtet.</p> <p>Die Lehrveranstaltung stellt ein Fundament dar für eine weitergehende Vertiefung in der Automatisierungs- und Regelungstechnik.</p> <p><i>The System Theory course provides an introduction to the fundamental techniques necessary for the understanding and analysis of continuous-time (linear) dynamical systems. The students will be introduced to the formulation and use of these fundamental methods in an abstract manner. For this, the use of mathematical notation is unavoidable due to the clarity and precision aimed for in the analyses. However, mathematics is used more to discover correlations than to lead to proofs. The course forms a basis on which further knowledge in automation and control technology can be built up.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Es werden zunächst zur mathematischen Beschreibung des dynamischen Verhaltens von linearen und nichtlinearen, zeitvarianten und zeitinvarianten dynamischen Systemen mathematische Modelle im Zustandsraum eingeführt. Anhand der Lösungen dieser mathematischen Modelle für lineare zeitinvariante Systeme werden die Systemeigenschaften analysiert und verschiedene wichtige Begriffe der Systemtheorie herausgearbeitet: Theorie der Transitionsmatrix und ihre Anwendung am Beispiel der Störungsrechnung für Trajektorien (Bahnkorrektur eines Satelliten), reguläre Zustands- transformationen, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit, Stabilität des Eingangs-Ausgangsverhaltens linearer Systeme und Stabilität der Ruhelagen nichtlinearer Systeme.</p> <p><i>Initially, mathematical models in state space form will be introduced to give a mathematical description of the dynamic behavior of linear and non-linear, time-dependent and time-independent dynamical systems. The solutions of these mathematical models for linear, time-independent systems will be used to analyze the system properties and to introduce and elaborate on a range of important terms from system theory. These will include the theory of the transition matrix and its uses using the example of perturbation theory for trajectories (path correction for a satellite), regular state transformation, controllability and observability, stability of the input/output behavior of linear systems and stability of equilibrium points of non-linear systems.</i></p>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>	
<p><b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das dynamische Verhalten von einfachen Systemen aus unterschiedlichen Disziplinen mathematisch zu beschreiben,</li> <li>• mathematische Modelle zu erklären und ihre Struktur zu generalisieren und</li> <li>• das dynamische Verhalten mit Blick auf Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit und Stabilität abstrakt zu analysieren.</li> </ul>	
<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen</li> </ul>	

- und
- sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

*After attending the course, the students will be able to*

- *describe the dynamic behavior of simple systems coming from different mathematical disciplines,*
- *explain mathematical models and generalize their structure and*
- *abstractly analyze the dynamic behavior with regard to controllability, observability and stability.*

*The students*

- *are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,*
- *are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis,*
- *are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves*

#### Methodische Umsetzung / Implementation

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge,
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Demonstration dynamischer Vorgänge an realen technischen Systemen im Hörsall.
- *Lectures predominantly using the blackboard, occasional presentations via transparencies giving comprehensive context,*
- *Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer and*
- *Demonstration of dynamical processes in real technical systems in the lecture hall.*

#### Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik.

*Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electronics.*

#### Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules

Keine / None

#### Prüfungsmodalitäten / Assessments

1 schriftliche Prüfung

*1 written exam*

#### Unterrichtssprache / Teaching Language

Deutsch / German

#### Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature

Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden noch bekannt gegeben.

*Allocation of a script; information on textbooks stocked in the textbook collection will be announced later.*

### I.4.3 Modul Signaltheorie (Version v4, v5)

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Signaltheorie</b> <i>Signal Theory</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1073
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Signaltheorie / <i>Signal Theory</i>
Semester	4. / <i>4th</i>
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Prof. Dr. Peter Schreier
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U <i>2L / 2Ex</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	5
Lernziele <i>Learning objectives</i>	<p>Die Studierenden sollen mit der Beschreibung und der Analyse von zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen mit Hilfe von abstrahierenden, also von der konkreten Realisierung wegstrebenden, signaltheoretischen Methoden vertraut gemacht werden. Das Modul stellt ein Fundament dar für eine weitergehende Vertiefung in der Automatisierungs- und Regelungstechnik sowie in der Informations- und Kommunikationstechnik.</p> <p><i>The students are to be familiarized with the description and analysis of continuous-time and discrete-time signals with the help of abstract methods from signal theory, i.e. methods which go beyond the concrete realization. The module forms a basis upon which further knowledge in automation and control technology, and in information and communication technology can be built.</i></p>
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	1 schriftliche Prüfung <i>1 written exam</i>

## Signaltheorie

Modul / <i>Module</i>	<b>Signaltheorie</b> <b><i>Signal Theory</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.10701
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Prof. Dr. Peter Schreier
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Signal- und Systemtheorie <i>Signal and System Theory Group</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 45h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 105h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 150h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	5
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://sst.upb.de/teaching">sst.upb.de/teaching</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>In dieser Veranstaltung werden zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Signale im Zeit- und Frequenzbereich behandelt. Dabei werden Fourier-Reihen, die Fourier-Transformation, die zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT) und die diskrete Fourier Transformation (DFT) eingeführt. Der durch das Abtasttheorem gegebene Zusammenhang zwischen zeitdiskreten und zeitkontinuierlichen Signalen wird ausführlich besprochen.</p> <p><i>This course covers continuous- and discrete-time signals in the time and frequency domains. This includes Fourier series, the Fourier transform, the discrete-time Fourier transform (DTFT), and the discrete Fourier transform (DFT). The connection between discrete-time and continuous-time signals given by the sampling theorem is discussed in detail.</i></p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Signale: Klassifizierung und einfache Operationen</li> <li>• Systeme: Klassifizierung und einfache Eigenschaften von LTI Systemen</li> <li>• Fourier-Reihen von periodischen zeitkontinuierlichen Signalen</li> <li>• Fourier-Transformation von zeitkontinuierlichen Signalen</li> <li>• Zeitdiskrete Fourier-Transformation</li> <li>• Sampling</li> <li>• Diskrete Fourier-Transformation</li> <li>• Spektralanalyse</li>   <li>• <i>Introduction</i></li> <li>• <i>Signals: Classification and simple operations</i></li> <li>• <i>Systems: Classification and simple properties of LTI systems</i></li> <li>• <i>Fourier series of continuous-time signals</i></li> <li>• <i>Discrete-time Fourier transform</i></li> <li>• <i>Sampling</i></li> <li>• <i>Discrete Fourier transform</i></li> <li>• <i>Spectral analysis</i></li> </ul>	

Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

**Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Signale im Zeit- und Frequenzbereich zu analysieren,
- lineare zeitinvariante Systeme im Zeit- und Frequenzbereich zu beschreiben,
- das Abtasttheorem zu verwenden, um zeitkontinuierliche Signale mit zeitdiskreten Systemen zu verarbeiten.

**Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einsetzen,
- können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und
- sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

**Professional Competence**

*After attending this course, students will be able to:*

- *analyze continuous-time and discrete-time signals in the time and frequency domains*
- *describe linear time-invariant systems in the time and frequency domains*
- *use the sampling theorem to process continuous-time signals with discrete-time systems.*

**Soft skills**

*Students are able to:*

- *apply their knowledge to other subject areas*
- *apply a structured approach to systematic analysis*
- *further educate themselves because of the abstract and precise treatment of topics in this course.*

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- *Lecture*
- *Tutorials with problems, some also involving MATLAB demonstrations*

Inhaltliche Voraussetzungen / *Prerequisites*

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik.

*Background in Advanced Mathematics, Physics, and Fundamentals of Electrical Engineering.*

Kombinationshinweise - Überschneidungen / *Related and overlapping modules*

Keine / *None*

Prüfungsmodalitäten / *Assessments*

Schriftliche Prüfung / *written exam*

Unterrichtssprache / *Teaching Language*

Deutsch / *German*

Lehrmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Die Vorlesungsfolien stehen online zur Verfügung. Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.

*Lecture slides are available online. Literature references are given in the first lecture.*

#### I.4.4 Modul Systemtheorie (Version v4, v5)

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Systemtheorie</b> <i>System Theory</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1072
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Systemtheorie / <i>System Theory</i>
Semester	4. / <i>4th</i>
Modulart <i>Module type</i>	Pflichtmodul <i>Compulsory module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U <i>2L / 2Ex</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	5
Lernziele <i>Learning objectives</i>	<p>Die Studierenden sollen mit der Beschreibung und der Analyse von zeitkontinuierlichen dynamischen Systemen mit Hilfe von abstrahierenden, also von der konkreten Realisierung wegstrebenden, systemtheoretischen Methoden vertraut gemacht werden. Das Modul stellt ein Fundament dar für eine weitergehende Vertiefung in der Automatisierungs- und Regelungstechnik.</p> <p><i>The students are to be familiarized with the description and analysis of continuous-time dynamical systems with the help of abstract methods from system theory, i.e. methods which go beyond concrete realization. The module forms a basis upon which further knowledge in automation and control technology can be built.</i></p>
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	1 schriftliche Prüfung <i>1 written exam</i>

## Systemtheorie

Modul / <i>Module</i>	<b>Systemtheorie</b> <b>System Theory</b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.10702
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Regelungs- und Automatisierungstechnik Automatic Control
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 0h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 0h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	5
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://www-srt.uni-paderborn.de/lehre/skripte.html">http://www-srt.uni-paderborn.de/lehre/skripte.html</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Die Veranstaltung Systemtheorie bietet eine Einführung in die fundamentalen Techniken, die für das Verständnis und die Analyse von zeitkontinuierlichen (linearen) dynamischen Systemen erforderlich sind. Die Studierenden werden an die Erarbeitung und Anwendung dieser grundlegenden Methoden in einer abstrahierenden Weise herangeführt, wobei wegen der angestrebten Klarheit und Präzision der Abhandlungen der Einsatz mathematischer Notationen unverzichtbar ist - allerdings ist die Rolle der Mathematik mehr auf das Entdecken von Zusammenhängen als auf die Führung von Beweisen gerichtet.</p> <p>Die Lehrveranstaltung stellt ein Fundament dar für eine weitergehende Vertiefung in der Automatisierungs- und Regelungstechnik.</p> <p><i>The System Theory course provides an introduction to the fundamental techniques necessary for the understanding and analysis of continuous-time (linear) dynamical systems. The students will be introduced to the formulation and use of these fundamental methods in an abstract manner. For this, the use of mathematical notation is unavoidable due to the clarity and precision aimed for in the analyses. However, mathematics is used more to discover correlations than to lead to proofs. The course forms a basis on which further knowledge in automation and control technology can be built up.</i></p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Es werden zunächst zur mathematischen Beschreibung des dynamischen Verhaltens von linearen und nichtlinearen, zeitvarianten und zeitinvarianten dynamischen Systemen mathematische Modelle im Zustandsraum eingeführt. Anhand der Lösungen dieser mathematischen Modelle für lineare zeitinvariante Systeme werden die Systemeigenschaften analysiert und verschiedene wichtige Begriffe der Systemtheorie herausgearbeitet: Theorie der Transitionsmatrix und ihre Anwendung am Beispiel der Störungsrechnung für Trajektorien (Bahnkorrektur eines Satelliten), reguläre Zustands-Transformationen, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit, Stabilität des Eingangs-Ausgangsverhaltens linearer Systeme und Stabilität der Ruhelagen nichtlinearer Systeme.</p> <p><i>Initially, mathematical models in state space form will be introduced to give a mathematical description of the dynamic behavior of linear and non-linear, time-dependent and time-independent</i></p>	

*dynamical systems. The solutions of these mathematical models for linear, time-independent systems will be used to analyze the system properties and to introduce and elaborate on a range of important terms from system theory. These will include the theory of the transition matrix and its uses using the example of perturbation theory for trajectories (path correction for a satellite), regular state transformation, controllability and observability, stability of the input/output behavior of linear systems and stability of equilibrium points of non-linear systems.*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

##### **Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- das dynamische Verhalten von einfachen Systemen aus unterschiedlichen Disziplinen mathematisch zu beschreiben,
- mathematische Modelle zu erklären und ihre Struktur zu generalisieren und
- das dynamische Verhalten mit Blick auf Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit und Stabilität abstrakt zu analysieren.

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,
- können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und
- sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

*After attending the course, the students will be able to*

- *describe the dynamic behavior of simple systems coming from different mathematical disciplines,*
- *explain mathematical models and generalize their structure and*
- *abstractly analyze the dynamic behavior with regard to controllability, observability and stability.*

*The students*

- *are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,*
- *are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis,*
- *are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves*

#### Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge,
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Demonstration dynamischer Vorgänge an realen technischen Systemen im Hörsall.
- *Lectures predominantly using the blackboard, occasional presentations via transparencies giving comprehensive context,*
- *Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer and*
- *Demonstration of dynamical processes in real technical systems in the lecture hall.*

#### Inhaltliche Voraussetzungen / *Prerequisites*

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik.

*Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electronics.*

Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i>
Keine / <i>None</i>
Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i>
1 schriftliche Prüfung  <i>1 written exam</i>
Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
Deutsch / <i>German</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>
Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden noch bekannt gegeben.  <i>Allocation of a script; information on textbooks stocked in the textbook collection will be announced later.</i>

## I.5 Praktikum

### I.5.1 Laborpraktikum und Projektseminar (Version v2, v3, v4)

Modul / <i>Module</i>	Laborpraktikum und Projektseminar
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.10801, L.048.10803, L.048.10805, L.048.10806, L.048.10807, L.048.10808, L.048.10809, L.048.10810
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Elektrische Messtechnik
Typ / <i>Type</i>	PS PS
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	8
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="#">PAUL</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Winter- und Sommersemester <i>winter and summer semester</i>
Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i>	
Es sind zahlreiche Laborexperimente und ein Projektseminar zu absolvieren.  Im Laborpraktikum sollen die Studierenden ihre in den elektrotechnischen Vorlesungen der ersten vier Semester des Bachelor-Studiums Elektrotechnik erworbenen Kenntnisse praktisch vertiefen. Das	

Praktikum findet im zweiten, dritten und vierten Semester statt. Anhand von spezifischen Aufgabenstellungen erarbeiten die Studierenden in Kleingruppen (3 Personen) selbständig Lösungen und wenden somit grundlegende Methoden aus den Bereichen der Elektrotechnik an. Sie erlangen Fertigkeiten beim Einsatz unterschiedlicher elektrischer Geräte und Messgeräte. Besonderer Wert wird auf eine sorgfältige Dokumentation der Ergebnisse (Tabellen, Grafiken, Skizzen) gelegt. Durch die Betonung der Teamleistung wird kooperatives Arbeiten gefördert.

Im Projektseminar arbeiten sich die Studierenden selbstständig in ein forschungsnahes Teilgebiet aus dem Forschungsbereich eines Fachgebietes des Institutes für Elektrotechnik und Informationstechnik ein. Ebenso wird Fachliteratur sachgerecht genutzt. Das Thema sowie die erzielten Ergebnisse werden durch einen Vortrag mit anschließender Diskussion und eine kurze schriftliche Ausarbeitung präsentiert. Im Seminar sollen die Studierenden erlernte Techniken anwenden, nichttrivialen Stoff selbständig erarbeiten und in mündlicher und schriftlicher Form präsentieren.

#### Inhalt / Contents

Die Laborpraktika greifen Themen aus folgenden Vorlesungen auf:

Laborpraktikum A: Grundlagen der Elektrotechnik A und B

Laborpraktikum B: Grundlagen der Technischen Informatik, Werkstoffe und Halbleiterbauelemente

Laborpraktikum C: Energietechnik und Messtechnik

Im Einzelnen haben die Laborpraktika und Projektseminare folgende Inhalte:

##### Laborpraktikum A

- Gleichstromschaltungen
- Elektrische und magnetische Felder
- Strömungsfelder
- Induktionsvorgänge
- Ausgleichsvorgänge
- Transientes Verhalten linearer und nichtlinearer Schaltungen
- Wechselstromkreise
- Elektrische Leistung

##### Laborpraktikum B

- Digitale Grundgatter
- Speicherschaltungen
- Arithmetikeinheiten
- Digitale Steuerwerke
- Programmierung von Mikrocontrollern
- Kennlinien passiver und aktiver Bauelemente
- Transferkennlinien von Emitter-, Kollektor- und Basisschaltung, Source-Folger
- Analoge Grundsaltungen
- Messungen an Schaltungen mit Operationsverstärkern

##### Laborpraktikum C

- Brennstoffzelle
- Elektrische Energieversorgung
- Photovoltaik
- Trägerfrequenzmessbrücke
- Digitale Messdatenerfassung
- Signalanalyse im Werte-, Zeit-, Frequenz- und Verschiebezeitbereich

## Projektseminar

- Arbeit aus dem Forschungsbereich der jeweiligen Fachgebiete

### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

#### **Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

Die Studierenden sind nach der Durchführung der Praktikumsversuche in der Lage,

- bereits erlernte theoretische Vorlesungsinhalte durch laborpraktische Übungen zu vertiefen,
- experimentelle Arbeiten sorgfältig zu planen und durchzuführen,
- elektronische Messgeräte und Geräte kritisch auszuwählen und einzusetzen,
- qualifizierte und quantifizierte Aussagen in Bezug auf die Messunsicherheit zu treffen.

Bei der Durchführung des Projektseminars erlernen die Studierenden

- die Fähigkeiten zur selbstständigen Erarbeitung eines nicht trivialen Stoffes,
- umfangreiche Literaturrecherchen durchzuführen,
- die Präsentation von selbst erarbeiteten Ergebnissen in schriftlicher und mündlicher Form,

#### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden können

- durch Lösen einer Aufgabe im Team kooperativ arbeiten,
- die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einsetzen,
- Ergebnisse sorgfältig dokumentieren und Tabellen, Grafiken und Skizzen sachgerecht beschriften,
- selbstständig wissenschaftlich arbeiten,
- methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen,
- einen Vortrag inhaltlich strukturieren und komplexe Sachverhalte mit verschiedenen Mitteln illustrieren
- sich bei einem Vortrag an zeitliche Vorgaben halten und inhaltliche Prioritäten setzen,
- rhetorische Fähigkeiten bei Vortrag und Diskussion einsetzen,
- sich durch die abstrakte und präzise Behandlung der gestellten Aufgabe selbst weiterbilden.

### Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Laborpraktische Übung
- Bearbeitung einer Aufgabe in einem Projektseminar

### Inhaltliche Voraussetzungen / *Prerequisites*

Es wird dringend empfohlen, vor Belegung des jeweiligen Laborpraktikums zuvor die folgenden Lehrveranstaltungen besucht zu haben oder zumindest zeitgleich zu belegen:

Für Laborpraktikum A: Grundlagen der Elektrotechnik A und B

Für Laborpraktikum B: Grundlagen der Technischen Informatik, Werkstoffe und Halbleiterbauelemente

Für Laborpraktikum C: Energietechnik und Messtechnik

### Kombinationshinweise - Überschneidungen / *Related and overlapping modules*

Kombinationshinweise für WING-ET-Studierende

Studierende des Wirtschaftsingenieurwesens/Studienrichtung Elektrotechnik wählen nur zwei der drei Laborpraktika A, B, C. Diese Wahl sollte mit der Auswahl Ihrer technischen Grundlagenveranstaltungen und Ihrer späterer Vertiefungsrichtung abgestimmt werden.

Beispiele sinnvoller Kombinationen:

Kombination 1: Spätere Vertiefungsrichtung: Automatisierungstechnik

Technische Grundlagenmodule:

1. Bauelemente (bestehend aus Werkstoffe und Halbleiterbauelemente)
2. Grundlagen der Elektrotechnik II“ (Energietechnik und Messtechnik)
3. Signal- und Systemtheorie (Signaltheorie und Systemtheorie)

Laborpraktika: A und C

Kombination 2: Spätere Vertiefungsrichtung: Informationstechnik

Technische Grundlagenmodule:

1. Grundlagen der Elektrotechnik II“ (Energietechnik und Messtechnik)
2. Signal- und Systemtheorie (Signaltheorie und Systemtheorie)
3. Technische Informatik für Elektrotechniker (Grundlagen der Technischen Informatik und Grundlagen der Rechnerarchitektur)

Laborpraktika: A und C

Kombination 3: Spätere Vertiefungsrichtung: Mikrosystemtechnik

Technische Grundlagenmodule:

1. Bauelemente (bestehend aus Werkstoffe und Halbleiterbauelemente)
2. Grundlagen der Elektrotechnik II“ (Energietechnik und Messtechnik)
3. Technische Informatik für Elektrotechniker (Grundlagen der Technischen Informatik und Grundlagen der Rechnerarchitektur)

Laborpraktika: A und C oder alternativ B und C

Kombination 4: Spätere Vertiefungsrichtung: Informationstechnik

Technische Grundlagenmodule:

1. Bauelemente (bestehend aus Werkstoffe und Halbleiterbauelemente)
2. Signal- und Systemtheorie (Signaltheorie und Systemtheorie)
3. Technische Informatik für Elektrotechniker (Grundlagen der Technischen Informatik und Grundlagen der Rechnerarchitektur)

Laborpraktika: A und B

Neben diesen Vorschlägen sind auch andere Kombinationen denkbar, die Sie ggf. mit der Studienberatung besprechen sollten. Bei der Wahl des Laborpraktikums B empfehlen wir ausdrücklich die vorherige Teilnahme an den Lehrveranstaltungen Grundlagen der Technischen Informatik und Halbleiterbauelemente.

#### Prüfungsmodalitäten / *Assessments*

Studienleistung in Form von Kolloquien zu den einzelnen Laborexperimenten und in Form der Ausarbeitung und der Präsentation eines Themas im Projektseminar

#### Unterrichtssprache / *Teaching Language*

Deutsch / *German*

#### Lehrmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Praktikumsunterlagen mit Literaturhinweisen stehen online zur Verfügung.

## I.5.2 Laborpraktikum und Projektseminar (Version v5)

Modul / Module	Laborpraktikum und Projektseminar
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.10801, L.048.10803, L.048.10805, L.048.10806, L.048.10807, L.048.10808, L.048.10809, L.048.10810
Koordinator / Coordinator	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Elektrische Messtechnik
Typ / Type	PS PS
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / Credits	8
Modulseite / Module Homepage	<a href="#">PAUL</a>
Zeitmodus / Semester	Winter- und Sommersemester <i>winter and summer semester</i>
Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i>	
<p>Es sind zahlreiche Laborexperimente und ein Projektseminar zu absolvieren.</p> <p>Im Laborpraktikum sollen die Studierenden ihre in den elektrotechnischen Vorlesungen der ersten vier Semester des Bachelor-Studiums Elektrotechnik erworbenen Kenntnisse praktisch vertiefen. Das Praktikum findet im zweiten, dritten und vierten Semester statt. Anhand von spezifischen Aufgabenstellungen erarbeiten die Studierenden in Kleingruppen (3 Personen) selbständig Lösungen und wenden somit grundlegende Methoden aus den Bereichen der Elektrotechnik an. Sie erlangen Fertigkeiten beim Einsatz unterschiedlicher elektrischer Geräte und Messgeräte. Besonderer Wert wird auf eine sorgfältige Dokumentation der Ergebnisse (Tabellen, Grafiken, Skizzen) gelegt. Durch die Betonung der Teamleistung wird kooperatives Arbeiten gefördert.</p> <p>Im Projektseminar arbeiten sich die Studierenden selbstständig in ein forschungsnahes Teilgebiet aus dem Forschungsbereich eines Fachgebietes des Institutes für Elektrotechnik und Informationstechnik ein. Ebenso wird Fachliteratur sachgerecht genutzt. Das Thema sowie die erzielten Ergebnisse werden durch einen Vortrag mit anschließender Diskussion und eine kurze schriftliche Ausarbeitung präsentiert. Im Seminar sollen die Studierenden erlernte Techniken anwenden, nichttrivialen Stoff selbständig erarbeiten und in mündlicher und schriftlicher Form präsentieren.</p>	
Inhalt / <i>Contents</i>	
<p>Die Laborpraktika greifen Themen aus folgenden Vorlesungen auf:            Laborpraktikum A: Grundlagen der Elektrotechnik A und B            Laborpraktikum B: Grundlagen der Technischen Informatik, Werkstoffe und Halbleiterbauelemente            Laborpraktikum C: Energietechnik und Messtechnik</p> <p>Im Einzelnen haben die Laborpraktika und Projektseminare folgende Inhalte:</p>	

### Laborpraktikum A

- Gleichstromschaltungen
- Elektrische und magnetische Felder
- Strömungsfelder
- Induktionsvorgänge
- Ausgleichsvorgänge
- Transientes Verhalten linearer und nichtlinearer Schaltungen
- Wechselstromkreise
- Elektrische Leistung

### Laborpraktikum B

- Digitale Grundgatter
- Speicherschaltungen
- Arithmetikeinheiten
- Digitale Steuerwerke
- Programmierung von Mikrocontrollern
- Kennlinien passiver und aktiver Bauelemente
- Transferkennlinien von Emitter-, Kollektor- und Basisschaltung, Source-Folger
- Analoge Grundschaltungen
- Messungen an Schaltungen mit Operationsverstärkern

### Laborpraktikum C

- Brennstoffzelle
- Elektrische Energieversorgung
- Photovoltaik
- Trägerfrequenzmessbrücke
- Digitale Messdatenerfassung
- Signalanalyse im Werte-, Zeit-, Frequenz- und Verschiebezeitbereich

### Projektseminar

- Arbeit aus dem Forschungsbereich der jeweiligen Fachgebiete

### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

#### **Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

Die Studierenden sind nach der Durchführung der Praktikumsversuche in der Lage,

- bereits erlernte theoretische Vorlesungsinhalte durch laborpraktische Übungen zu vertiefen,
- experimentelle Arbeiten sorgfältig zu planen und durchzuführen,
- elektronische Messgeräte und Geräte kritisch auszuwählen und einzusetzen,
- qualifizierte und quantifizierte Aussagen in Bezug auf die Messunsicherheit zu treffen.

Bei der Durchführung des Projektseminars erlernen die Studierenden

- die Fähigkeiten zur selbstständigen Erarbeitung eines nicht trivialen Stoffes,
- umfangreiche Literaturrecherchen durchzuführen,
- die Präsentation von selbst erarbeiteten Ergebnissen in schriftlicher und mündlicher Form,

## Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

Die Studierenden können

- durch Lösen einer Aufgabe im Team kooperativ arbeiten,
- die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einsetzen,
- Ergebnisse sorgfältig dokumentieren und Tabellen, Grafiken und Skizzen sachgerecht beschriften,
- selbstständig wissenschaftlich arbeiten,
- methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen,
- einen Vortrag inhaltlich strukturieren und komplexe Sachverhalte mit verschiedenen Mitteln illustrieren
- sich bei einem Vortrag an zeitliche Vorgaben halten und inhaltliche Prioritäten setzen,
- rhetorische Fähigkeiten bei Vortrag und Diskussion einsetzen,
- sich durch die abstrakte und präzise Behandlung der gestellten Aufgabe selbst weiterbilden.

## Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Laborpraktische Übung
- Bearbeitung einer Aufgabe in einem Projektseminar

## Inhaltliche Voraussetzungen / *Prerequisites*

Es wird dringend empfohlen, vor Belegung des jeweiligen Laborpraktikums zuvor die folgenden Lehrveranstaltungen besucht zu haben oder zumindest zeitgleich zu belegen:

Für Laborpraktikum A: Grundlagen der Elektrotechnik A und B

Für Laborpraktikum B: Grundlagen der Technischen Informatik, Werkstoffe und Halbleiterbauelemente

Für Laborpraktikum C: Energietechnik und Messtechnik

## Kombinationshinweise - Überschneidungen / *Related and overlapping modules*

Kombinationshinweise für WING-ET-Studierende

Studierende des Wirtschaftsingenieurwesens/Studienrichtung Elektrotechnik wählen nur zwei der drei Laborpraktika A, B, C. Diese Wahl sollte mit der Auswahl Ihrer technischen Grundlagenveranstaltungen und Ihrer späterer Vertiefungsrichtung abgestimmt werden.

Beispiele sinnvoller Kombinationen:

Kombination 1: Spätere Vertiefungsrichtung: Automatisierungstechnik

Technische Grundlagenmodule:

1. Bauelemente (bestehend aus Werkstoffe und Halbleiterbauelemente)
2. Grundlagen der Elektrotechnik II“ (Energietechnik und Messtechnik)
3. Signal- und Systemtheorie (Signaltheorie und Systemtheorie)

Laborpraktika: A und C

Kombination 2: Spätere Vertiefungsrichtung: Informationstechnik

Technische Grundlagenmodule:

1. Grundlagen der Elektrotechnik II“ (Energietechnik und Messtechnik)
2. Signal- und Systemtheorie (Signaltheorie und Systemtheorie)
3. Technische Informatik für Elektrotechniker (Grundlagen der Technischen Informatik und Grundlagen der Rechnerarchitektur)

Laborpraktika: A und C

Kombination 3: Spätere Vertiefungsrichtung: Mikrosystemtechnik

Technische Grundlagenmodule:

1. Bauelemente (bestehend aus Werkstoffe und Halbleiterbauelemente)
2. Grundlagen der Elektrotechnik II“ (Energietechnik und Messtechnik)

3. Technische Informatik für Elektrotechniker (Grundlagen der Technischen Informatik und Grundlagen der Rechnerarchitektur)  
Laborpraktika: A und C oder alternativ B und C

Kombination 4: Spätere Vertiefungsrichtung: Informationstechnik  
Technische Grundlagenmodule:

1. Bauelemente (bestehend aus Werkstoffe und Halbleiterbauelemente)
  2. Signal- und Systemtheorie (Signaltheorie und Systemtheorie)
  3. Technische Informatik für Elektrotechniker (Grundlagen der Technischen Informatik und Grundlagen der Rechnerarchitektur)
- Laborpraktika: A und B

Neben diesen Vorschlägen sind auch andere Kombinationen denkbar, die Sie ggf. mit der Studienberatung besprechen sollten. Bei der Wahl des Laborpraktikums B empfehlen wir ausdrücklich die vorherige Teilnahme an den Lehrveranstaltungen Grundlagen der Technischen Informatik und Halbleiterbauelemente.

**Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Studienleistung in Form von Kolloquien zu den einzelnen Laborexperimenten und in Form der Ausarbeitung und der Präsentation eines Themas im Projektseminar

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Deutsch / German

**Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Praktikumsunterlagen mit Literaturhinweisen stehen online zur Verfügung.

## II. Module im 2. Studienabschnitt des Bachelor-Studiengangs

### II.1 Gebiet Vertiefungen

#### II.1.1 Informationstechnik

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Informationstechnik Katalog</b> <i>Information Technology Catalogue</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1091, Vertiefung: M.048.1121
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	1 Kurs oder wahlweise 2 Kurse aus der folgenden Liste <i>1 course or optionally 2 courses out of the following catalogue</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdiskrete Signalverarbeitung / Discrete-Time Signal Processing</li> <li>• Optische Informationsübertragung</li> <li>• Aktuelle Themen der Signalverarbeitung / Current topics in signal processing</li> </ul>
Semester	5., 6. / <i>5<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup> semester</i>
Modulart <i>Module type</i>	Wahlpflichtmodul <i>Compulsory elective module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U je Lehrveranstaltung <i>2L / 2Ex per course</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	6
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Der Katalog Informationstechnik enthält eine Reihe von Kursen aus dem Bereich der Informationstechnik, die Studierenden einen tiefergehenden Einblick in moderne informationstechnische Systeme und Entwurfsverfahren geben, sei es aus dem Bereich der Kommunikationstechnik, der Signalverarbeitung, der Programmierung oder der Signaltheorie.  <i>The module Information Technology Catalogue deepens the knowledge and expertise in the field of processing and transmission of information. By choosing a course of the catalogue students will be given more detailed insight into a specific</i>

	<i>discipline, be it in the field of digital communications, signal processing, software engineering or signal theory</i>
Prüfungsmodalitäten / Assessments	1 mündliche oder 1 schriftliche Prüfung je Veranstaltung <i>1 oral or 1 written exam per course</i>

### Zeitdiskrete Signalverarbeitung

<b>Modul / Module</b>	<b>Zeitdiskrete Signalverarbeitung Discrete-Time Signal Processing</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.10908
Koordinator / Coordinator	Schmalenströer, Jörg, Dr. –Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Nachrichtentechnik
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://nt.upb.de/index.php?id=zdsv">http://nt.upb.de/index.php?id=zdsv</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
Die Vorlesung Zeitdiskrete Signalverarbeitung gibt eine Einführung in elementare Techniken der digitalen Signalverarbeitung. Es wird besonderer Wert auf eine möglichst anschauliche und praxisorientierte Beschreibung gelegt. Die Studierenden sammeln eigene praktische Erfahrung in den Übungen durch den Einsatz von Matlab.	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung zeitdiskreter Signale und Systeme im Zeit- und Frequenzbereich</li> <li>• Differenzgleichungen und z-Transformation</li> <li>• Entwurf digitaler Filter (FIR und IIR Filter)</li> <li>• Diskrete und schnelle Fouriertransformation</li> <li>• Realisierung von Filtern im Frequenzbereich, Overlap-Add und Overlap-Save</li> <li>• Multiratensignalverarbeitung</li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>	
<b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b>	
Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdiskrete Signale und Systeme im Zeit- und Frequenzbereich mit Methoden der</li> </ul>	

- Signalverarbeitung zu beschreiben
- Zeitdiskrete Systeme bzgl. Stabilität, Einschwingverhalten etc. zu analysieren und zu bewerten
- Selbständig digitale Filter mit vorgegebenen Eigenschaften zu entwerfen
- Digitale Filter recheneffizient in Software zu realisieren
- Auch komplexere Signalverarbeitungsalgorithmen recheneffizient in Matlab zu implementieren

### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden

- Haben weitreichende Fertigkeiten in Matlab erworben, die sie auch außerhalb der Realisierung von Signalverarbeitungsalgorithmen einsetzen können
- Können aus einer vorgegebenen Aufgabenstellung ein Programm entwerfen, realisieren, testen und die erzielten Ergebnisse auswerten, anschaulich präsentieren und diskutieren
- Können in einer Gruppe umfangreichere Aufgabenstellungen gemeinsam analysieren, in Teilaufgaben zerlegen und lösungsorientiert bearbeiten

### **Methodische Umsetzung / *Implementation***

- Vorlesungen mit überwiegender Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig Lösungswege erarbeiten und Signalverarbeitungsalgorithmen implementieren, testen, sowie Ergebnisse auswerten

### **Inhaltliche Voraussetzungen / *Prerequisites***

Vorkenntnisse aus der Lehrveranstaltung Nachrichtentechnik und Signaltheorie

Kombinationshinweise - Überschneidungen / *Related and overlapping modules*

Keine / *None*

### **Prüfungsmodalitäten / *Assessments***

Mündliche Prüfung / *oral exam*

Unterrichtssprache / *Teaching Language*

Deutsch / *German*

### **Lehrmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature***

Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung

Weitere Literatur

- G. Doblinger, Zeitdiskrete Signale und Systeme, J. Schlembach Fachverlag, 2007

## Optische Informationsübertragung

Modul / Module	<b>Optische Informationsübertragung</b> <b>Optical Information Transmission</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.10903
Koordinator / Coordinator	Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Optische Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik <i>Optical Communication and High-Frequency Engineering</i>
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://ont.uni-paderborn.de/index.php?2177">http://ont.uni-paderborn.de/index.php?2177</a>
Zeitmodus / Semester	Wintersemester <i>winter semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Veranstaltung Optische Informationsübertragung (4 SWS, 6 Leistungspunkte) gibt einen Einblick in die moderne optische Informationsübertragung, auf der Internet und Telefonnetz weitgehend beruhen. Dabei werden Kenntnisse für ultra-breitbandige Kommunikationssysteme vermittelt, denn jeder Lichtwellenleiter ist rund 1000mal so breitbandig wie die leistungsfähigsten Satelliten im Mikrowellenbereich. Die optische Nachrichtenübertragung selbst wird durch den Wellenaspekt der elektromagnetischen Strahlung beschrieben, Emission, Verstärkung, ggf. Umwandlung und Absorption von Photonen dagegen durch den Teilchenaspekt. Aus diesem Dualismus und Grundkenntnissen in Nachrichtentechnik und Elektronik wird das Verständnis optischer Datenübertragungsstrecken entwickelt. Besondere Bedeutung haben Wellenlängenmultiplexsysteme mit hoher Kapazität – möglich sind &gt;10 Tbit/s oder transozeanische Streckenlängen.</p> <p><i>The course Optical Information Transmission (4 SWS, 6 credits) introduces into modern optical communications on which internet and telephony rely. This lecture will impart also knowledge on ultra-broadband communication systems. Every optical waveguide is about 1000 times as broadband as most efficient microwave communication satellites. Optical transmission can be explained by the wave model whereas effects like emission, absorption and amplification of photons are modeled by the particle aspect. This dualism and basic knowledge of communications and electronics lead to an understanding of optical communications. Wavelength multiplex has an eminent importance because of it's high capacity beyond 10Tbit/s or transoceanic spans.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Optische Informationsübertragung (4 SWS, 6 Leistungspunkte): Diese Veranstaltung vermittelt ausgehend von den Grundlagen wie Maxwell-Gleichungen die Wellenausbreitung, ebenso Begriffe wie Polarisation und Führung von elektromagnetischer Wellen durch dielektrische Schichtwellenleiter und kreiszylindrische Wellenleiter, zu denen auch die Lichtwellenleiter (Glasfasern) gehören. Weiterhin werden Begriffe wie Dispersion und deren Auswirkung auf die Übertragung vermittelt. Darüber hinaus werden Komponenten wie Laser, Photodioden, optische Verstärker, optische Empfänger und Regeneratoren erläutert, ebenso Modulation und Signalfomate wie Wellenlängenmultiplex. Hierbei werden die wichtigsten Zusammenhänge vermittelt.</p> <p><i>Optical Information Transmission (4 SWS, 6 credits): This course explains the wave propagation by</i></p>	

*Maxwell's equations as well as terms as polarization and wave guiding by dielectric parallel waveguides and cylindrical waveguides as optical fibers. Furthermore, items as dispersion are explained and their effects on transmission. Beyond this, components like lasers, photodiodes, optical amplifiers and optical receivers and regenerators will be dealt with as well as modulation and signal formats like wavelength multiplex as an effective technique for broadband transmission. In this lecture, the most important contexts will be given.*

Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

### **Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und
- Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden.

### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,
- können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und
- sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

### **Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

*After attending the course, the students will be able to*

- *describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and*
- *apply knowledge of optoelectronics*

### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

*The students*

- *are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,*
- *are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis and*
- *are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves*

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit Folien-Präsentation,
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- *Lectures using presentations via transparencies,*
- *Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer.*

<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik.  <i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electronics.</i>
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Optische Informationsübertragung ist identisch mit der Optische Nachrichtentechnik A (anderes Modul Modul Optoelektronik)  <i>The course Optical Information Transmission is identical with Optical Communications A (belonging to different module Optoelectronics)</i>
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Mündliche Prüfung / oral exam
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch / German
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
Literatur: R. Noé, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer-Verlag, 2010 Skript für einen Großteil der Vorlesungen Optische Nachrichtentechnik A, B, C, D sowie Optische Informationsübertragung, nur englisch  <i>Literature:</i> <i>R. Noé, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer-Verlag, 2010</i> <i>Scriptum for a major part of the lectures Optial Communications A, B, C, D as well an Optical Transmission technology, English only</i>

### Aktuelle Themen der Signalverarbeitung

Modul / Module	<b>Aktuelle Themen der Signalverarbeitung</b> <b>Current topics in signal processing</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.10910
Koordinator / Coordinator	Prof. Dr. Peter Schreier
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	FG Signal- und Systemtheorie Signal and System Theory Group
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / Time of attendance: 60h Selbststudium / Self-study: 120h Ges. Arbeitspensum / Total workload: 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://sst.uni-paderborn.de/teaching/courses/">http://sst.uni-paderborn.de/teaching/courses/</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester summer semester
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	

Diese Veranstaltung behandelt eine Auswahl von aktuellen Themen in der Signalverarbeitung. Ein Teil der Veranstaltung besteht aus regulären Vorlesungen, wohingegen der andere aktive Mitarbeit von Studenten voraussetzt.

*This course covers a selection of current topics in signal processing. One part of this course will follow a regular lecture format, while the other part will require active student participation.*

#### Inhalt / Contents

Zunächst werden in diesem Kurs relevante Aspekte aus der linearen Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie wiederholt. Danach werden Studenten angeleitet, aktuelle Veröffentlichungen aus der Signalverarbeitungsliteratur zu lesen, zu analysieren und dann auch zu präsentieren.

*This course will first review relevant aspects of linear algebra and probability theory. Then students will learn how to read, analyze, and present recent papers from the signal processing literature.*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

In dieser Veranstaltung werden Studenten mit aktuellen Forschungsthemen in der Signalverarbeitung vertraut gemacht. Studenten lernen, wissenschaftliche Veröffentlichungen zu verstehen und kritisch zu bewerten. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden.

*In this course, students will familiarize themselves with some current research topics in signal processing. They will learn to read and understand scientific publications and to critically evaluate results. Students will develop confidence in their ability to solve mathematical problems of analysis and design. They will be able to apply the principles they have learnt in this course to other areas.*

#### Methodische Umsetzung / Implementation

Vorlesung und Übung mit aktiver Beteiligung der Studenten, Präsentationen von Studenten

*Lectures and tutorials with active student participation, student presentations*

#### Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites

Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra

*Signal and system theory, at least a basic understanding of probability and linear algebra*

#### Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules

Keine / None

#### Prüfungsmodalitäten / Assessments

Präsentation und Ausarbeitung

*Presentation and written report*

#### Unterrichtssprache / Teaching Language

Deutsch / German

#### Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature

Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.

*References will be given in the first lecture.*

## II.1.2 Mikrosystemtechnik

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Mikrosystemtechnik-Katalog</b> <i>Micro Systems Technologies Catalogue</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1101, Vertiefung: M.048.1121
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	1 Kurs oder wahlweise 2 Kurse aus der folgenden Liste / <i>1 course or optionally 2 courses out of the following catalogue</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme / <i>Quality Assurance for Micro-Electronic Systems</i></li> <li>• Halbleiterprozesstechnik / <i>Semiconductor Device Integration</i></li> </ul>
Semester	5. und 6. Semester / <i>5. and 6. semester</i>
Modulart <i>Module type</i>	Wahlpflichtmodul <i>Compulsory elective module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U je Lehrveranstaltung 2L + 2Ex per course
Kreditpunkte / Credits ECTS	6 je Lehrveranstaltung <i>6 per course</i>
Lernziele <i>Learning objectives</i>	<p>Der Katalog „Mikrosystemtechnik“ beinhaltet verschiedene Vorlesungen zum Entwurf, zur Herstellung und zur Qualitätskontrolle von mikroelektronischen bzw. mikrosystemtechnischen Sensoren, Bauelementen, Schaltungen und Systemen. Die Studierenden sollen in ihrer jeweiligen Vertiefungsrichtung das Vorgehen im Bereich der Systemtechnik unter Berücksichtigung der Zuverlässigkeit und Testbarkeit erläutern können.</p> <p><i>The catalogue "Micro systems technologies" includes different lectures out of the areas design, integration and quality control of microelectronic and microsystems sensors, devices, circuits and systems. The students shall be able to explain the methods of the chosen lectures of the systems integration technique with aspects of reliability and testability.</i></p>
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	1 mündliche oder 1 schriftliche Prüfung je Veranstaltung

## Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme

Modul / Module	<b>Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme</b> <b>Quality Assurance for Micro-Electronic Systems</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.11003
Koordinator / Coordinator	Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.
Lehr- und Forschungsein- heit / Teaching Unit	Fachgebiet Datentechnik Computer Engineering Group
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://www.date.uni-paderborn.de/lehre/lehrveranstaltungen/">http://www.date.uni-paderborn.de/lehre/lehrveranstaltungen/</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester summer semester
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Aufgrund der Komplexität moderner mikroelektronischer Systeme und der Fehleranfälligkeit der eingesetzten Technologien müssen von der Spezifikation bis zum Einsatz im Produkt durchgehend systematische qualitätssichernde Maßnahmen eingesetzt werden. Die Lehrveranstaltung „Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme“ vermittelt die dafür notwendigen Grundlagen in den Bereichen Verifikation, Test und Fehlertoleranz.</p> <p><i>Due to the complexity of modern micro-electronic systems and the vulnerability of manufacturing technologies quality assurance is a major concern throughout the life cycle of a product. The course “Quality Assurance for Micro-Electronic Systems” provides the necessary background in verification, test and fault tolerance.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung und Bewertung von Zuverlässigkeit</li> <li>• Redundanztechniken</li> <li>• Fehlerkorrigierende Codes und selbstprüfende Schaltungen</li> <li>• Test und Selbsttest</li> <li>• Binäre Entscheidungsdiagramme und Verifikation auf Logikebene</li> <li>• Temporale Logik und Model Checking</li> </ul> <p><i>In detail the following topics are covered:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Dependability models and evaluation</i></li> <li>• <i>Redundant architectures</i></li> </ul>	

- *Error correcting codes and self-checking circuits*
- *Test and built-in self-test*
- *Binary Decision Diagrams (BDDs) and equivalence checking*
- *Temporal logic and model checking*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

##### **Fachliche Kompetenzen / Professional Competences**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- Fehlerursachen und Defektmechanismen im gesamten Lebenszyklus eines Systems zu beschreiben,
- Techniken zur Fehlervermeidung, Fehlererkennung und Fehlertoleranz zu erklären und anzuwenden, und
- Systeme im Hinblick auf ihre Zuverlässigkeit zu analysieren und bewerten.

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden können

- die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen,
- ihre Lösungen den anderen Teilnehmern präsentieren und
- die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.

*After attending the course, the students will be able*

- *to describe fault and defect mechanisms throughout the life cycle of a system,*
- *to explain and apply techniques for fault avoidance, fault detection, and fault tolerance,*
- *to analyze systems with respect to dependability measures.*

*The students*

- *are able to apply the practiced strategies for problem solving across varying disciplines,*
- *have experience in presenting their solutions to their fellow students, and*
- *know how to improve their competences by private study.*

#### Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung mit Beamer und Tafel
- Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Prä-sentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer
- Praktische Übungen mit verschiedenen Software-Werkzeugen am Rechner
- *Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard*
- *Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own*

<p><i>solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Hands-on exercises using various software tools</i></li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
<p>Grundlagen der Technischen Informatik</p> <p><i>Introduction to Computer Engineering</i></p>
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Keine / None
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Mündliche Prüfung / oral exam
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch / German
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien</li> <li>• W. K. Lam, „Hardware Design Verification,“ Prentice Hall, 2005, ISBN 978-0131433472</li> <li>• M. L. Bushnell, V. D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory &amp; Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000</li> <li>• I. Koren and C. Mani Krishna, „Fault-Tolerant Systems,“ Morgan Kaufmann Publishers, 2007</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs</li> <li>• <i>Handouts of lecture slides</i></li> <li>• W. K. Lam, „Hardware Design Verification,“ Prentice Hall, 2005, ISBN 978-0131433472</li> <li>• M. L. Bushnell, V. D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory &amp; Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000</li> <li>• I. Koren and C. Mani Krishna, „Fault-Tolerant Systems,“ Morgan Kaufmann Publishers, 2007</li> <li>• <i>Additional links to books and other material available in koala</i></li> </ul>

## Halbleiterprozessstechnik

Modul / Module	<b>Halbleiterprozessstechnik</b> <b>Semiconductor Device Integration</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.11005
Koordinator / Coordinator	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Fachgebiet Sensorik <i>Sensor Technology Group</i>
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h

Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Die Lehrveranstaltung „Halbleiterprozesstechnik“ behandelt die Grundlagen zur Integration von Halbleiterbauelementen. Ausgehend vom Siliziumkristall werden die einzelnen Prozessschritte zur Herstellung von integrierten Schaltungen vorgestellt. Dazu gehören thermische Oxidationsverfahren, fotolithografische Prozesse, Ätztechniken, Dotierverfahren, Beschichtungen, Metallisierungen und Reinigungsvorgänge. Aus diesen Prozessschritten entsteht ein Ablaufplan zur Integration von MOS-Transistoren bzw. CMOS-Schaltungen, die im Rahmen der Übungen selbst charakterisiert werden können. Die Vereinzelnung der Chips, das Bonden sowie die Kapselung (packaging) der mikroelektronischen Schaltungen runden den Inhalt der Vorlesung ab.</p> <p><i>The course “Semiconductor Device Fabrication” focuses on the integration process of semiconductor devices. Starting from the cleaning process of the silicon crystal to the fabrication of integrated semiconductor circuits. This includes thermal oxidation, lithography, etching, doping, deposition and cleaning. Combinations of these steps to form the integration of MOS-transistors and CMOS-circuits are shown and can be experienced during the tutorials. The wafer dicing, bonding and packaging of microelectronic circuits complete the course.</i></p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellung von Siliziumscheiben</li> <li>• Oxidation des dotierten Siliziums</li> <li>• Lithografie</li> <li>• Ätztechnik</li> <li>• Dotiertechniken</li> <li>• Depositionsverfahren</li> <li>• Metallisierung und Kontakte</li> <li>• Scheibenreinigung</li> <li>• MOS-Technologien zur Schaltungsintegration</li> </ul> <p><i>In detail the following topics are covered:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fabrication of Silicon-Wafers</i></li> <li>• <i>Oxidation</i></li> <li>• <i>Lithography</i></li> <li>• <i>Etching</i></li> <li>• <i>Doping</i></li> <li>• <i>Depositing</i></li> <li>• <i>Metallization and contacts</i></li> <li>• <i>Cleaning steps</i></li> <li>• <i>MOS-Technology for integrated circuits</i></li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<p><b>Fachliche Kompetenzen</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• oben aufgeführte Verfahren zu erklären und sie zielführend zu beeinflussen,</li> </ul>	

- verschiedene Abläufe des CMOS-Prozesses zu erklären,
- eigene Integrationsabläufe zu erarbeiten.

### **Fachübergreifende Kompetenzen**

Die Studierenden können

- die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen,
- ihre Lösungen den anderen Teilnehmern präsentieren und
- die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.

### **Professional Competences**

*After attending the course, the students will be able*

- *to explain the above listed methods and to manipulate them,*
- *to explain different CMOS-processes*
- *to develop specific integration flows.*

### **(Soft) Skills**

*The students*

- *are able to apply the practiced strategies for problem solving across varying disciplines,*
- *have experience in presenting their solutions to their fellow students, and*
- *know how to improve their competences by private study.*

### **Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesung mit Projektor und Tafel
- Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Prä-sentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer
- *Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard*
- *Exercises based on exercise sheets with students presenting their own solutions*

### **Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Halbleiterbauelemente

*Semiconductor Devices*

### **Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Keine / None

### **Prüfungsmodalitäten / Assessments**

mündliche Prüfung bei bis zu 10 Teilnehmern

schriftliche Prüfung bei mehr als 10 Teilnehmern

*oral examination in case of up to 10 students*

<i>written examination in case of more than 10 students</i>
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides</li> <li>• Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie</li> <li>• Schumicki, Seegebrecht: Prozesstechnologie</li> <li>• Widmann, Mader: Technologie hochintegrierter Schaltungen</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite / Additional links to books and other material available at the webpage</li> <li>• Sze: <i>VLSI Technology</i></li> <li>• Chen: <i>The VLSI Handbook</i></li> </ul>
<i>Additional links to books and other material available at the webpage</i>

### II.1.3 Automatisierungstechnik

<b>Modulname</b> <i>Name of module</i>	<b>Automatisierungstechnik-Katalog</b> <i>Automation Technology Catalogue</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	M.048.1111, Vertiefung: M.048.1121
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	1 Kurs oder wahlweise 2 Kurse aus der folgenden Liste/ <i>1 course or optionally 2 courses out of the following catalogue</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrielle Messtechnik / <i>Industrial Measurement Engineering</i></li> <li>• Regenerative Energien / <i>Renewable Energies</i></li> </ul>
Semester	5., 6. / <i>5th, 6th</i>
Modulart <i>Module type</i>	Wahlpflichtmodul <i>Compulsory elective module</i>
Modulbetreuer <i>Module advisor</i>	Gausch, Felix, Prof. Dr. techn.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U je Lehrveranstaltung <i>2L / 2Ex per course</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	6 je Veranstaltung / <i>6 per course</i>
Lernziele <i>Learning objectives</i>	In der Veranstaltung „Industrielle Messtechnik“ sollen die Studierenden die grundle-

	<p>genden Methoden und technischen Geräte zur Erfassung elektrischer und nichtelektrischer Prozessgrößen darstellen und zur sachgerechten Lösung messtechnischer Probleme anwenden können.</p> <p>In der Vorlesung „Elektrische Antriebstechnik“ werden Grundkenntnisse über Wirkprinzipien, Aufbau und Betriebsweisen elektrischer Antriebe vermittelt, die notwendig sind, das Zusammenwirken mit anderen Komponenten eines Automatisierungssystems zu verstehen. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, einen Antrieb nach vorgegebenen Anforderungen auswählen und bemessen zu können.</p> <p>In der Vorlesung „Regenerative Energien“ sollen die Gründe für den Einsatz regenerativer Energien – die Endlichkeit von fossilen Energieträgern sowie die mit ihrer Verbrennung einhergehenden Umweltproblematiken – vermittelt werden. Die Studierenden sollen einen Wandel in der Energieversorgung beurteilen können.</p> <p>Ziel der Veranstaltung „Mechatronik kognitive Robotersysteme“ ist die Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses von modernen Roboterarchitekturen und die Qualifikation der Studierenden, an diesen mitzuarbeiten.</p> <p><i>The aim of the course „Mechatronics of Cognitive Robot Systems“ is to impart fundamental understanding of modern robot architectures and to qualify the students for further development.</i></p>
<b>Prüfungsmodalitäten</b> <b>Assessments</b>	1 schriftliche oder 1 mündliche Prüfung je Veranstaltung <i>1 written or 1 oral exam per course</i>

### Industrielle Messtechnik

Modul / Module	<b>Industrielle Messtechnik</b> <b>Industrial Measurement Engineering</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.11103
Koordinator / Coordinator	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Elektrische Messtechnik
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 0h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 0h

Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Die Vorlesung Industrielle Messtechnik behandelt die wichtigsten Prinzipien und Methoden zur Informationsgewinnung sowie deren technische Realisierung und Einsatz in der industriellen Praxis. Repräsentative und richtig ermittelte Prozessinformationen sind die Grundvoraussetzung der Automatisierung technischer Prozesse. Es werden die Aufgaben der Prozess- und Fertigungsmesstechnik sowie der Analysetechnik, der Stand der Technik sowie die Trends in der Mess- und Sensortechnik erläutert. Die Messung ausgewählter in der Prozessindustrie bedeutender Größen wird behandelt. Ausgehend von der Definition der physikalischen Messgröße werden praktisch einsetzbare Messprinzipien aufgezeigt und hinsichtlich der anwendungstechnischen Vor- und Nachteile bewertet.</p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Die Vorlesung Industrielle Messtechnik behandelt folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Metrologie und betriebliches Messwesen,</li> <li>• Beschreibung von Messketten, statisches und dynamisches Verhalten,</li> <li>• Messprinzipien und Messsysteme zur Erfassung mechanischer Größen (Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung, mechanische Spannung, Dehnung, Lage, Gestalt, Druck, Kraft, Drehmoment),</li> <li>• Messprinzipien und Messsysteme zur Erfassung thermischer Größen (Temperatur, Wärmemenge),</li> <li>• Messprinzipien und Messsysteme zur Erfassung volumetrischer Größen (Durchfluss, Füllstand).</li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<b>Fachliche Kompetenzen / <i>Professional Competence</i></b>	
<p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messaufgaben auch in ihrer Komplexität zu analysieren,</li> <li>• für ausgewählte Messaufgaben unter Berücksichtigung der konkreten Messbedingungen geeignete Messprinzipien bzw. Messtechnik auszuwählen,</li> <li>• Messergebnisse zu charakterisieren und zu interpretieren.</li> </ul>	
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / <i>(Soft) Skills</i></b>	
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,</li> <li>• können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,</li> <li>• sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li> </ul>	
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge,</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsaufgaben und praktische Arbeit mit Messtechnik im Labor</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
Vorkenntnisse aus dem Modul Messtechnik werden erwartet.
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Keine / None
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Mündliche Prüfung / oral exam
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch / German
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

## Regenerative Energien

Modul / Module	<b>Regenerative Energien Renewable Energies</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.11105
Koordinator / Coordinator	Prof. Dr.-Ing. Stefan Krauter, Dipl.-Ing. Stefan Balluff
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Elektrische Energietechnik – Nachhaltige Energiekonzepte <i>Electrical Energy Technology – Sustainable Energy Concepts</i>
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 0h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 0h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Vorlesung vermittelt die Theorie und Anwendung erneuerbarer Energien, insbesondere der Solar- und Windenergie.</p> <p>Eingangs werden die Gründe für die Substitution fossiler &amp; nuklearer Energiequellen dargestellt; es folgen Vorkommen, Potentialanalysen und spezifische Charakteristika erneuerbarer Energien. Ziel ist die intelligente Kombination verschiedener Energieformen um zu einer nachhaltigen, sicheren und preiswerten Energieversorgung zu gelangen.</p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
Die Vorlesung Regenerative Energien behandelt die technischen Verfahren zur Wandlung regenerativer Energien und deren Speicherung sowie ihre Integration in bestehende Energieversorgungs-	

systeme. Weiterhin wird das Entwickeln von Szenarien zukünftiger Energieversorgungsstrukturen mit regenerativen Energieanteilen innerhalb der wirtschaftlichen, gesetzlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen behandelt.

### **Vorläufige Übersicht Regenerative Energien (ab SS 2016)**

#### 1. Photovoltaik

1. Einleitung
2. Aufbau und Funktionsweise einer Solarzelle
3. Herstellung einer Solarzelle
4. Elektrische Beschreibung von Solarzellen
  1. Ersatzschaltbild
  2. Eindiodenmodell
  3. Zweidiodenmodell
  4. Temperaturabhängigkeit
5. Leistungsfähigkeit einer Solarzelle
6. Photovoltaische Systeme
  1. Reihenschaltung von Solarzellen
  2. Parallelschaltung von Solarzellen (jeweils sowohl homogen als auch inhomogene?)
7. Solargenerator
8. Wechselrichter

#### 1. Solarthermie

1. Einleitung
2. solare Einstrahlung
3. Solarthermische Energienutzung
  1. Solarkollektoren
4. Konzentrierende Solarthermie

#### 1. Windkraft

1. Einleitung
2. Nutzung und Leistung der Windenergie
  1. Kräfte
  2. Atmosphärenschichten
  3. Messtechnik
    1. Anemometrie
    2. Windfahnen
    3. Meteorologische Parameter
  4. Kenngrößen der Windenergie
3. Bauformen von Windkraftanlagen

1. Widerstandsläufer
2. Auftriebsläufer
3. Vertikalachsenanlagen
4. Drehzahlregelung
  1. Drehzahlvariable pitchgeregelte Anlagen
  2. Momentregelung
  3. Pitchregelung
  4. Netzsynchrone Anlagen mit Stallregelung
  5. Netzsynchrone Anlagen mit aktiver Stallregelung
5. Elektrische Maschinen
  1. Synchronmaschine
  2. Asynchronmaschine
6. Netzbetrieb
7. Windparks
8. Energieertragsprognose

## 1. Wasserkraft

1. Einleitung
2. Kraftwerkstypen
  1. Laufwasserkraftwerk
  2. Pumpspeicherkraftwerk
3. Dargebot der Wasserkraft
4. Turbinen für Wasserkraftwerke
5. Weiter technische Anlagen zur Wasserkraftnutzung
  1. Wellenkraftwerke
  2. Gezeitenkraftwerke
  3. Meeresströmungskraftwerk

2.

## 1. Weitere Nutzung regenerativer Energien

1. Biomasse
  1. Vorkommen an Biomasse
  2. Bioenergieträger
  3. Biomasseanlagen
2. Geothermie
  1. Geothermievorkommen
  2. Geothermische Kraftwerkskonzepte
  3. Kraft-Wärme-Kopplung mit geothermischer Energiequellen
  4. Umweltaspekte und Risiken

<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Wärmepumpen</li> <li>4. Brennstoffzellen und Wasserstoffherzeugung <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Wasserstoffherzeugung und Speicherung</li> <li>2. Brennstoffzellen</li> </ul> </li> <li>5. (Energetische Müllverwertung)</li> </ul>
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>
Funktionsweisen erneuerbarer Energien insbesondere Photovoltaik und Windenergie werden in diesem Modul vermittelt. Ihre Anwendung, die damit verbundenen Probleme sowie deren Lösung sind ein wichtiger Teil der Lernergebnisse. Darüber hinaus wird außerdem ein Blick auf weitere regenerative Energieträger geworfen, die in der heutigen Zeit noch keine große Anwendung finden. Perspektiven sowie Probleme werden beleuchtet.
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>
Vorlesung mit begleitender Übung.
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i></b>
Außer den üblicherweise im Rahmen der B. Sc. erworbenen Kenntnissen sind keine weiteren Vorkenntnisse erforderlich.
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i></b>
Schriftliche Prüfung / <i>written exam</i>
<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b>
Deutsch / <i>German</i>
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i></b>
Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Simulation; Volker Quaschnig  Skript Elektrische Energietechnik; Stefan Krauter  Solar Electric Power Generation -photovoltaic Energy Systems: Modeling of Optical and Thermal Performance, Electrical Yield, Energy Balance, Effect on Reduction of Greenhouse Gas Emissions; Stefan Krauter  Windkraftanlagen: Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit; Erich Hau  Einführung in die Windenergietechnik; Alois P. Schaffarczyk

## II.2 Bachelor-Arbeit

<b>Bezeichnung</b> <i>Description</i>	<b>Bachelor-Arbeit</b> <i>Bachelor thesis</i>
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Die konkreten Inhalte der Bachelor-Arbeit hängen von der jeweiligen Aufgabenstellung durch das betreuende Fachgebiet im Institut

	<p>ab. Die Arbeit kann eher methodenorientiert aber auch mehr anwendungsorientiert sein; sie ist thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet. Diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen für Bachelor-Arbeiten und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen.</p> <p><i>The concrete content of the bachelor thesis depends on the task defined by the supporting group of the institute. The focus of the thesis can either be placed on the methods applied, or the thesis can be oriented towards the applications. In both cases, the thesis subject will be embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for bachelor papers and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.</i></p>
Semester	6. / 6th
Art Type	Wahlpflicht <i>Compulsory elective</i>
Betreuer Advisor	Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts / Academic staff of the institute
Sprache / Language	Deutsch, Englisch / <i>German, English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	<p>Die Bachelor-Arbeit ist eine selbstständig zu erstellende schriftliche Prüfungsarbeit. Sie kann auch in Form einer Gruppenarbeit zugelassen werden, wenn der als Prüfungsleistung zu bewertende Beitrag der einzelnen Kandidatin bzw. des einzelnen Kandidaten aufgrund der Angabe von Abschnitten, Seitenzahlen oder anderen objektiven Kriterien, die eine eindeutige Abgrenzung ermöglichen, deutlich unterscheidbar und bewertbar ist.</p> <p><i>The bachelor thesis is a written examination paper that must be completed without external help. A thesis written as group work is also admissible if the individual candidate's contribution to be assessed as an exam paper can be distinguished and evaluated on the</i></p>

	<i>basis of sections or pages specified and other objective criteria allowing a clear differentiation.</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	Die Aufgabenstellung soll so gestaltet werden, dass sie einschließlich der Vorbereitung eines Vortrags über die Arbeit einem Arbeitsaufwand von 360 Stunden entspricht und studienbegleitend bearbeitet werden kann. <i>The task is to be defined so that the amount of work involved including the preparation of an oral presentation, corresponds to 360 hours and that the thesis can be written while the candidates continue their studies.</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	12
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Mit der Bachelor-Arbeit hat die Absolventin bzw. der Absolvent gezeigt, dass sie bzw. er die Fähigkeit besitzt, innerhalb einer bestimmten Frist ein Problem der Elektrotechnik nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. In der Arbeit sind im Zuge des Studiums erworbene Kompetenzen, insbesondere fachlich-methodische Kompetenzen und gegebenenfalls fachübergreifende Kompetenzen, von der Absolventin bzw. vom Absolventen eingesetzt worden. <i>By completing the bachelor thesis the graduates prove their capability to elaborate on a problem in electrical engineering within a defined period of time by applying scientific methods. The thesis will also serve to prove that the graduates are capable of applying competences acquired in the course of their studies, in particular technical-methodical competences and where applicable interdisciplinary competences.</i>
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	Die Bachelor-Arbeit wird von zwei Prüfenden bewertet, wobei auch der Vortrag des Studierenden zu berücksichtigen ist. <i>The bachelor thesis will be assessed by two examiners, also taking into account the oral presentation delivered by the student.</i>

## II.3 Gebiete Fachdidaktik und Bildungswissenschaft/ Berufspädagogik

### Vorbemerkungen (Version v3)

Im Rahmen des 2. Abschnitts des Bachelor-Studiums Elektrotechnik können die fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen/berufspädagogischen Anteile, die in den Zugangsvoraussetzungen zum Master-Studiengang für das Lehramt an Berufskollegs mit der Großen beruflichen Fachrichtung Elektrotechnik und der Kleinen beruflichen Fachrichtung Automatisierungstechnik oder Informationstechnik genannt sind, mit folgender Modulstruktur absolviert werden.

### Modultabelle

Modulbezeichnung	Lehrveranstaltungen	ECTS
Nachrichtentechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
Schaltungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
Regelungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
Informations-, Mikrosystem-, Automatisierungstechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
Seminar Informationstechnik / Automatisierungstechnik	1 Wahlpflichtveranstaltung	3
Fachdidaktik	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
Berufspädagogik	1 Wahlpflichtveranstaltung	7
Kompetenzentwicklung	nach Wahl der Studierenden	11
	Bachelor-Arbeit	12

### II.3.1 Bildungswissenschaften/Berufspädagogik

#### Kompetenzentwicklung

Kompetenzentwicklung					
Modulnummer	Workload	Credits	Studiensemester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
M.052.8110	330 h	11	2.- 3. Sem.	Wintersemester/ Sommersemester	1-2 Semester
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> <b>Variante A</b> an der Fakultät für Kulturwissenschaften: a) Vorlesung Unterricht und Allgemeine Didaktik b) Veranstaltung zu Diagnose und Förderung inklusive c) Orientierungspraktikum oder <b>Variante B</b> an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften: a) Modul Kompetenzentwicklung für LA BK Vorlesung mit integrierter Übung inklusive b) Orientierungspraktikum			<b>Kontaktzeit</b>  30 h 30 h  75 h	<b>Selbststudium</b>  30 h 240 h davon 80 h Kontakt mit Schule  255 h davon 80 h Kontakt mit Schule
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (learning outcomes)/ Kompetenzen</b> <b>Fachlich-inhaltliche Ziele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Faktenwissen: <i>factual knowledge</i></li> </ul>				

	<p>Die Studierenden beobachten und reflektieren Kompetenzentwicklungsprozesse bei sich selbst und bei anderen. Sie analysieren Prozesse, die zum Aufbau und zur Entwicklung von Kompetenz führen. Sie beschreiben Kompetenz als Konstrukt anhand von unterschiedlichen Entwicklungstheorien. Sie analysieren Faktoren, die auf die individuelle wie kooperative Kompetenzentwicklung Einfluss haben. Mit Hilfe von Diagnoseinstrumente werden Entwicklungsprozesse beschrieben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Methodenwissen: methodic competence</i> Die Studierenden erfahren ihre individuelle wie auch kooperative Kompetenzentwicklung als gestalt- und steuerbarer Prozess. Mit Hilfe von Lernstrategien und -techniken wissenschaftlichen Arbeitens werden Werkzeuge zur eigenen Steuerung vermittelt und angewandt. Dabei kommen sowohl Strategien der primären Prozessgestaltung als auch der eigenständigen Regulation und Steuerung zum Einsatz.</li> <li>• <i>Transferkompetenz: transfer competence</i> Der bisherige Kompetenzerwerb wird unter Anwendung von Konzepten / Modellen und Theorien systematisch reflektiert, Bereiche mit Förderbedarf identifiziert, Instrumente und Strategien zur eigenen Entwicklung angewandt und Konzepte für die Gestaltung von Entwicklungskonzepten erstellt.</li> <li>• <i>Normativ-bewertendes Wissen: normative competence</i> Die systematische Auseinandersetzung sowohl mit dem eigenen Entwicklungsverlauf als auch mit Konzepten und Modellen aus der Theorie führt in die wissenschaftliche Grundhaltung forschenden Lernens ein. Durch den Abgleich sollen Studierende stärker die Verantwortung für ihre eigenen Entwicklungsverläufe übernehmen können.</li> </ul> <p><b>Spezifische Schlüsselkompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Problemanalyse</li> <li>➤ Informationsrecherche, -aufbereitung und -präsentation</li> <li>➤ individuelle Steuerung und Gestaltung des eigenen Kompetenzerwerbs</li> <li>➤ Gestaltung von Prozessen in Arbeitsteams</li> <li>➤ Integration von Medien als Werkzeuge für die Kompetenzentwicklung</li> </ul> <p><b>Orientierungspraktikum:</b> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Komplexität des schulischen Handlungsfelds aus einer professions-, lerner- und systemorientierten Perspektive zu erkunden,</li> <li>➤ erste Beziehungen zwischen bildungswissenschaftlichen/berufspädagogischen Theorieansätzen und konkreten pädagogischen Situationen herzustellen,</li> <li>➤ einzelne pädagogische Handlungssituationen, insbesondere solche mit dem Ziel des Erwerbs beruflicher Handlungskompetenz, mit zu gestalten und</li> <li>➤ Aufbau und Ausgestaltung von Studium und eigener professioneller Entwicklung reflektiert zu gestalten.</li> </ul>
<b>3</b>	<p><b>Inhalt</b> Themen des Moduls sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kurzüberblick Lernen, Kompetenz und Lerntheorie</li> <li>➤ Lernen als Handlung</li> <li>➤ Kommunikation und Interaktion</li> <li>➤ Kompetenzentwicklung</li> <li>➤ Kompetenzdiagnose</li> <li>➤ Lebenslanges Lernen</li> <li>➤ Strukturen der Bildung und Bezug zur Kompetenzentwicklung</li> <li>➤ Grundlagen des selbstgesteuerten Lernens</li> <li>➤ Orientierungspraktikum</li> </ul>
<b>4</b>	<p><b>Lehrformen</b> Das Modul umfasst Seminare, Übungen, Tutorien und verschiedene Formen des Selbststudiums.</p>
<b>5</b>	<p><b>Gruppengröße</b> Einführung und Seminare: 50 TN</p>
<b>6</b>	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen</b> -</p>

7	<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine
8	<b>Prüfungsformen</b> Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Kulturwissenschaften: Es ist eine Prüfungsleistung in der Vorlesung und eine Prüfungsleistung in der Veranstaltung zu Diagnose und Förderung zu erbringen. Zu den Formen der Leistungserbringung vgl. Besondere Bestimmungen der PO, § 42. Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften: Zu den Prüfungsleistungen vgl. das Modulhandbuch der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Die Prüfungsleistung erfolgt in Form eines Portfolios.
9	<b>Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulteilprüfungen sowie aktive und qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen. Zu Formen der aktiven und qualifizierten Teilnahme vgl. § 42 Besondere Bestimmungen. Näheres zu Form und Umfang bzw. Dauer gibt die Lehrkraft zu Beginn der Veranstaltung bekannt.
10	<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende/r</b> Prof. Dr. Kremer / Prof. Dr. Ziegler / Prof. Dr. Sloane / Prof. Dr. Winther / Prof. Dr. Beutner

## Berufspädagogik

Berufspädagogik					
Modulnummer	Workload	Credits	Studiensemester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
M.052.8120	210 h	7	4.- 5. Sem.	Wintersemester/ Sommersemester	2 Semester
1	<b>Lehrveranstaltungen</b> <b>Variante A</b> an der Fakultät für Kulturwissenschaften: a) Berufliche Bildung als Forschungs- und Praxisfeld inkl. Übung b) Berufsfeldpraktikum  <b>oder</b>  <b>Variante B</b> an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften: a) Betriebliche Bildung für LA BK Vorlesung mit integrierter Übung inklusive Methodenreflektion b) Berufsfeldpraktikum			<b>Kontaktzeit</b>  45h    45h	<b>Selbststudium</b>  165 h <i>davon 60 h Praktikumskontakt</i>    165 h <i>davon 60 h Praktikumskontakt</i>
2	<b>Lernergebnisse (learning outcomes)/ Kompetenzen</b> <b>Fachlich-inhaltliche Ziele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Faktenwissen: factual knowledge</i>                A: Die Studierenden kennen zentrale Fragestellungen, Analyseperspektiven und -methoden der Berufsbildungsforschung, sie kennen die unterschiedlichen Teilbereiche des beruflichen Bildungssystems, sie kennen die je spezifischen institutionellen und organisationalen Strukturen und die Bedingungen für deren Herausbildung und sie erkennen Phänomene des Wandels                 B: Die Studierenden können berufliche Ausbildungssituationen planen, durchführen und kontrollieren. Die Studierenden berücksichtigen Besonderheiten des betrieblichen Umfelds. Sie lernen Instrumente, Methoden und Medien der betrieblichen Bildungsarbeit kennen. Sie können Institutionen der beruflichen Bildung unterscheiden</li> <li><i>Methodenwissen: methodic competence</i>                A: Die Studierenden können das System beruflicher Bildung kriterienbezogen analysieren und sie können dabei pädagogische von anderen Analyseperspektiven unterscheiden.                B: Die sozial-ökonomischen Rahmenbedingungen für die betriebliche Bildungsarbeit werden analysiert. Aufgabenanforderungen der betrieblichen Bildungsarbeit werden bestimmt und mit Hilfe von Problemlösestrategien bearbeitet.</li> </ul>				

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Transferkompetenz: transfer competence</i> A: Sie sind in der Lage, die Rahmenbedingungen und Strukturen des professionellen Handlungsfeldes sowie die aktuellen und perspektivischen Lebens- und Arbeitsbedingungen ihrer Adressaten einzuschätzen und bei ihren professionellen Entscheidungen zu berücksichtigen. B: Sie führen Aufgaben der betrieblichen Bildungsarbeit (Bedarfsermittlung, Zielgruppenanalyse, Angebotsentwicklung, Evaluation, ...) unter dem Rückgriff auf bestehende Konzepte und Instrumente durch.</li> <li>• <i>Normativ-bewertendes Wissen: normative competence</i> A: Sie können auf das Berufsbildungssystem bezogene Reformansätze bewerten. B: Die Studierenden entwickeln strategische Positionen und setzen, unter Berücksichtigung von geltenden Bildungszielen und normierenden Prinzipien, ihre strategische Position in konkrete Bildungsmaßnahmen um. Sie können über Evaluationsverfahren Bewertungen der eigenen Handlungen einholen und für die weitere Vorgehensweise nutzen. Sie verwenden verschiedene Formen wissenschafts- und handlungspropädeutischen Arbeitens im gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht und erwerben die Fähigkeit zur Einschätzung ihrer Bedeutung für die Gestaltung von Lehr-Lernsituationen und zur Berücksichtigung interdisziplinärer Zugänge im Unterricht der Sekundarstufe II sowie zur Einschätzung der Bedeutung biographischen Lernens im gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht</li> </ul> <p><b>Spezifische Schlüsselkompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ mehrperspektivisches und analytisches Denken konzeptionelles Verständnis wissenschaftlicher Betrachtungsweisen</li> <li>➤ Systemisches Denken</li> <li>➤ Denken in Regelkreisläufen</li> <li>➤ Kooperations- und Teamfähigkeit in den Hausaufgabenteams und Projektgruppen</li> <li>➤ Interpretation von Vorgaben</li> <li>➤ Techniken des Informationsmanagements</li> </ul> <p><b>Berufsfeldpraktikum:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vorbereitung auf den Lehrerberuf</li> <li>➤ Erschließung anderer Berufsfelder (berufliche und betriebliche Weiterbildung, Jugendarbeit)</li> <li>➤ Erschließung der betrieblicher Anforderungssituationen</li> <li>➤ Erschließung betrieblicher Umgangsformen und Organisationsstrukturen</li> <li>➤ Erschließung wirtschaftlicher und/oder berufspädagogischer Zielsetzungen im Praxiskontext</li> </ul>
3	<p><b>Inhalte</b></p> <p>Themen des Moduls sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Berufsbildungsforschung (Grundfragen, Analyseperspektiven und -methoden)</li> <li>➤ Arbeit, Beruf, Beruflichkeit, Berufsformen</li> <li>➤ Institutionen und Organisationen des Berufsbildungssystem aus historischer und aktueller Perspektive <ul style="list-style-type: none"> <li>- Duales System</li> <li>- Schulberufssystem</li> <li>- Übergangssystem</li> <li>- Weiterbildungssystem</li> </ul> </li> <li>➤ Probleme und Reformansätze</li> <li>➤ Berufsfeldpraktikum</li> </ul> <p>Zusätzliche Themen in der wirtschaftswissenschaftlichen Variante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ausbildungsordnungen und curriculare Grundlagen</li> <li>➤ Methoden betrieblichen Lehrens und Lernens</li> <li>➤ Kooperation Schule und Betrieb</li> <li>➤ Strategisches Bildungsmanagement</li> <li>➤ Strukturen berufliche Erstausbildung und beruflicher Weiterbildung</li> <li>➤ Wissenschafts- und Handlungspropädeutik als didaktische Prinzipien</li> <li>Fächerverbindendes und fächerübergreifendes Lernen</li> </ul>
4	<p><b>Lehrformen</b></p> <p>Das Modul umfasst</p> <p>Variante A: eine Vorlesung und Tutorien sowie verschiedene Formen des Selbststudiums.</p>

	Variante B: Seminare, Übungen, Tutorien und verschiedene Formen des Selbststudiums Zum Berufsfeldpraktikum vgl. § 39 Abs. 4 Besondere Bestimmungen
5	<b>Gruppengröße</b> Einführung und Seminare: 45 TN
6	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen</b> -
7	<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine
8	<b>Prüfungsformen</b> Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Kulturwissenschaften: Es ist eine Modulprüfung zu erbringen. Zu den Formen der Leistungserbringung vgl. Besondere Bestimmungen der PO, § 42. Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften: Es ist eine Modulprüfung zu erbringen. Zu den Prüfungsleistungen vgl. das Modulhandbuch der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften.
9	<b>Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulprüfung sowie aktive und qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen. Zu Formen der aktiven und qualifizierten Teilnahme vgl. § 42 Besondere Bestimmungen. Näheres zu Form und Umfang bzw. Dauer gibt die Lehrkraft zu Beginn der Veranstaltung bekannt.
10	<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende/r</b> Prof. Dr. Kremer / Prof. Dr. Ziegler / Prof. Dr. Sloane / Prof. Dr. Winther / Prof. Dr. Beutner

## II.3.2 Fachdidaktik

### Fachdidaktik

Grundmodul Technikdidaktik					
Modulnummer	Workload	Credits	Studiensemester	Häufigkeit des Angebots	Dauer
M.048.8020	180 h	6	5., 6. Sem.	Jedes Semester	2 Semester
1	<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Didaktische Grundlagen der beruflichen Fachrichtungen b) Theorien, Modelle, Methoden und Medien			<b>Kontaktzeit</b> a) 30 h b) 30 h	<b>Selbststudium</b> a) 60 h b) 60 h
2	<b>Lernergebnisse (learning outcomes) / Kompetenzen</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Studierende sind nach Besuch des Moduls in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen des Faches Elektrotechnik zu erklären,</li> <li>- fachwissenschaftliche Besonderheiten der Elektrotechnik wie die Modellierung, die Darstellung in Ersatzschaltbildern, Funktionsdiagrammen, Flussdiagrammen und Blockschaltbildern sowie Systembetrachtungen in didaktische Konzepte einfließen zu lassen,</li> <li>- fachliche Konzepte und Methoden zum Lehren und Lernen gegenüberzustellen,</li> <li>- die vermittelten Methoden zum Lehren und Lernen zu systematisieren und inhalts-, problem- und zielgruppengerecht auszuwählen,</li> <li>- Ziele, Inhalte und Standards entsprechend dem Ausbildungsziel (Berufsgrundschuljahr, Berufsfachschulen, Höhere Berufsfachschulen, etc.) zu formulieren und zu begründen,</li> <li>- fachliche Inhalte in didaktischen Kontexten berufsfeldorientiert zu strukturieren und im Rahmen betrieblicher Aufgaben zu bearbeiten,</li> <li>- Ziele und Inhalte für Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen vor dem Hintergrund betrieblicher Anforderungen zu formulieren und zu begründen,</li> <li>- transparente Leistungskontrollen für berufsfelddidaktische Konzepte einzusetzen.</li> </ul> <b>Spezifische Schlüsselkompetenzen:</b> Studierende sind nach Besuch des Moduls in der Lage,				

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- exemplarische Inhalte für heterogene Lerngruppen auszuwählen, zu elementarisieren und curricular anzuordnen,</li> <li>- geeignete Medien auszuwählen und hinsichtlich ihrer spezifischen Einsatzbedingungen und Wirkungen im Lehr- und Lernprozess zu beurteilen und einzusetzen.</li> </ul>
<b>3</b>	<p><b>Inhalte</b></p> <p>Zum Kern der Lehrerbildung an der Universität gehört der Erwerb didaktischer Kompetenzen, die auf Fachkompetenzen aufbauen und sie ergänzen. Dieses Modul legt die Grundlage der auf das Berufskolleg bezogenen didaktischen Ausbildung mit ihren Fachrichtungen und den darauf bezogenen Berufs- und Arbeitsfeldern und soll Konzepte und Methoden für die Gestaltung und Reflexion von schüleraktivem Unterricht bieten.</p> <p>Das Grundmodul soll sich folgenden Themen widmen: Didaktische Grundlagen der beruflichen Fachrichtungen (u. a. Lernfeldkonzept in elektrotechnischen Berufen, betriebliche Aufträge, außerschulische Lernorte); Theorien, Modelle, Methoden und Medien (u. a. historische, aktuelle und zukünftige Entwicklungen im Berufsfeld Elektrotechnik, Problemlösestrategien im handlungsorientierten Unterricht, Einsatz von modernen Kommunikations- und Präsentationstechniken, Bildungsziele und Bildungsstandards, Rahmenlehrpläne und Richtlinien des Landes NRW, diagnostische Verfahren). Didaktische Konzepte, Modelle und Methoden werden gezielt auf Beispiele aus der Elektrotechnik angewandt.</p>
<b>4</b>	<p><b>Lehrformen</b></p> <p>Das Modul umfasst Vorlesungen sowie Formen des Selbststudiums.</p>
<b>5</b>	<p><b>Gruppengröße</b></p> <p>Gruppeneinteilungen sind in den Vorlesungen ab 40 Personen vorgesehen.</p>
<b>6</b>	<p><b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)</p> <p>Das Modul wird im Studiengang Lehramt BK Maschinenbautechnik (BA) verwendet.</p>
<b>7</b>	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p> <p>Keine</p>
<b>8</b>	<p><b>Prüfungsformen</b></p> <p>Aktive und qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen als Referat oder Hausaufgabe. Modulabschlussprüfung als mündliche Prüfung (Dauer: 30 bis 45 Minuten) oder Hausarbeit(ca. 40.000 Zeichen).</p>
<b>9</b>	<p><b>Voraussetzungen für die die Vergabe von Kreditpunkten</b></p> <p>Bestandene Modulabschlussprüfung sowie aktive und qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen</p>
<b>10</b>	<p><b>Modulbeauftragte/r:</b></p> <p>Jun.-Prof. Dr. Katrin Temmen</p>

### III. Module im Master-Studiengang

#### Vorbemerkungen

In den Master-Studiengängen Elektrotechnik sind die Pflichtmodule Theoretische Elektrotechnik und Statistische Signale im Umfang von je 6 Leistungspunkten und zunächst 3 Wahlpflichtmodule im Umfang von je 6 Leistungspunkten zu absolvieren. In jedem der 3 Wahlpflichtmodule ist eine Wahlpflichtveranstaltung aus einem der 6 Kataloge

- Energie und Umwelt
- Kognitive Systeme
- Kommunikationstechnik
- Mikroelektronik
- Optoelektronik
- Prozessdynamik

zu wählen. Durch diese Wahl der Kandidatin bzw. des Kandidaten sind die individuellen Kataloge I, II und III markiert, aus denen dann je 1 Veranstaltung für weitere 3 Wahlpflichtmodule zu wählen ist. In 2 zusätzlichen Wahlpflichtmodulen sind je 1 Wahlpflichtveranstaltung aus einem der zuvor gewählten Kataloge I oder II oder III zu wählen; damit soll eine weitere fachliche Vertiefung in einer Disziplin erreicht werden. Darüber hinaus sind zwei Projektarbeiten im Gesamtumfang von 18 Leistungspunkten anzufertigen. Das Studium generale im Umfang von 12 Leistungspunkten soll die Schlüsselqualifikationen weiterentwickeln, analytisches Denken in fachübergreifenden Zusammenhängen fördern und fremdsprachliche Qualifikationen ausbauen. Zum Studienabschluss ist eine Master-Arbeit im Umfang von 30 Leistungspunkten anzufertigen.

#### Modultabelle

Modulbezeichnung	Lehrveranstaltungen	ECTS
Theoretische Elektrotechnik	Theoretische Elektrotechnik	6
Statistische Signale	Verarbeitung statistischer Signale	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog I	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog II	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog III	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
2 Wahlpflichtmodule mit je einer Veranstaltung entweder aus Katalog I oder aus Katalog II oder aus Katalog III	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
	1 Wahlpflichtveranstaltung	6
2 Projektmodule	1 Projektarbeit	9
	1 Projektarbeit	9
Studium generale	nach Wahl der Studierenden	12
	Master-Arbeit	30
	<b>Gesamt</b>	<b>120</b>

Diese Wahlmöglichkeiten schaffen für die Studierenden genügend Freiraum, um persönlichen Kenntnissen und Neigungen zu folgen und in gewählten Studienmodellen eine ausreichende berufsqualifizierende Vertiefung zu erreichen.

Aufgrund dieser Strukturierung des Studiengangs werden im Folgenden nach den Pflichtmodulen nicht die Module sondern die Kataloge der Studienmodelle als Einheiten beschrieben, aus denen sich die Studierenden die Module gemäß obiger Beschreibung zusammenstellen können.

## III.1 Gebiet Theoretische Elektrotechnik

### III.1.1 Theoretische Elektrotechnik (wird nur im WS angeboten)

Studenten des Studiengangs Master Elektrotechnik V1 wenden sich direkt an den Modulverantwortlichen.

## III.2 Gebiet Statistische Signale

### III.2.1 Verarbeitung statistischer Signale (wird nur im WS angeboten)

## III.3 Kataloge der Studienmodelle

### III.3.1 Energie und Umwelt

Katalogname <i>Name of catalogue</i>	Energie und Umwelt
Modulnummer / <i>Module ID</i>	v1 M.048.2200 , M.048.2220 v2 M.048.2201, M.048.2202, M.048.2221, M.048.2222
Lehrveranstaltungen im Katalog <i>Courses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauelemente der Leistungselektronik</li> <li>• Leistungselektronik</li> <li>• Solar Electric Energy Systems</li> <li>• Messstochastik</li> </ul>
Semester	1.- 3. / <i>1<sup>st</sup> – 3<sup>rd</sup> semester of master course</i>
Modulart <i>Module type</i>	
Katalogbetreuer <i>Catalogue advisor</i>	Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch oder Englisch je nach Kurs / <i>German or English, depending on courses</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesung und Übung <i>Lecture combined with exercises</i>

Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U 2L / 2Ex
Kreditpunkte / Credits ECTS	6 pro Veranstaltung / 6 per course
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Die Auseinandersetzung mit Themenfeldern, die nicht von einer Fachdisziplin alleine gelöst werden können stellt einen zentralen Bestandteil der Ingenieurstätigkeit dar. Die Veranstaltungen im Katalog Energie und Umwelt bieten nicht nur zielgerichtete Wissensvermittlung im Themenfeld, sondern gerade auch die Vermittlung von „Handwerkszeug“ zur Auseinandersetzung mit interdisziplinären Aufgabenstellungen. Die Studierenden erlangen die Fähigkeit zur Beurteilung von Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessen; hierbei sind explizit auch die nichttechnischen Bereiche der Prozesse eingeschlossen, wie z.B. die wirtschaftliche, gesellschaftspolitische und ethische Dimension von Energieversorgungsprozessen.
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	1 mündliche Prüfung 1 oral exam

### Bauelemente der Leistungselektronik

Modul / <i>Module</i>	Bauelemente der Leistungselektronik <i>Power Electronic Devices</i>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.22003, L.048.92032
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Fröhleke, Norbert, AD, Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik <i>Power Electronics and Electrical Drives</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 50h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 100h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 150h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
Die Vorlesung behandelt Leistungshalbleiterbauelemente, ihre Beschaltung und Ansteuerung sowie Kühlung. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Auslegung magnetischer Bauteile und schnelle	

Strommessverfahren.

*The course covers power electronic devices, snubber circuits, driving and cooling. Another topic is the design of magnetic components and fast current sensors.*

#### Inhalt / Contents

- Leistungshalbleiter-Bauelemente: Dioden, BJT, GTO, MOSFET, IGBT
- Beschaltung, Ansteuerung und Schutz von Halbleiterventilen und Bauelementen; Kühlein-richtungsauslegung
- Magnetwerkstoffe, Kernverlust-Messschaltungen, Wicklungsarten
- Konzept der magnetischen Integration
- Elektromechanisch-thermischer Entwurf ungekoppelter, linearer-gekoppelter, nichtlinearer Spulen und Schaltnetzteiltransformatoren und ihre Modellbildung
- Kondensatoren in der Leistungselektronik
- Filterentwurf
- Dynamische Strommessverfahren
  
- *power electronic devices: Diodes, BJT, GTO, MOSFET, IGBT*
- *snubbers, driving and protection of semiconductor switches; cooling systems*
- *magnetic materials, test circuit for core losses, winding patterns*
- *concept of integrated magnetics*
- *electromechanical design and modelling of uncoupled, linear coupled, nonlinear coils and SMPS transformers*
- *capacitors*
- *filters*
- *dynamic current sensing*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

##### **Fachliche Kompetenzen**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- geeignete Leistungshalbleiterbauelemente, Magnetkernwerkstoffe und Kernbauformen gemäß Anforderungen auszuwählen
- Beschaltungen, Strommessverfahren und Ansteuerungen für Leistungshalbleiterbauelemente auszuwählen und zu dimensionieren
- magnetische Bauteile und Leistungsfilter zu entwerfen

##### **Fachübergreifende Kompetenzen**

Die Studierenden

- erlernen die Beschreibung realer Bauteile mit Ersatzschaltbildern
- erweitern ihre Kenntnisse zur rechnergestützten Schaltungsauslegung
- können die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen

##### **Professional Competence**

*After attending the course, the students will be able*

- *to choose suitable power semiconductors, magnetic materials and core forms*
- *to select and dimension snubber circuits, current sensors and drivers for power semiconductors*
- *to design magnetic components and power filters*

<b>(Soft) Skills</b>
<i>The students</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>learn to describe real components with an equivalent circuit</i></li> <li>• <i>improve their skills in computer aided circuit design</i></li> <li>• <i>extend their competence by self study</i></li> </ul>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung</li> <li>• Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum)</li> <li>• <i>lecture</i></li> <li>• <i>exercise</i></li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert. <i>Knowledge from lecture Power Electronics is desirable.</i>
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Vorlesung Leistungselektronik hinsichtlich Grundsaltungen, Modulationsverfahren, Regelung <i>Lecture Power Electronics (basic circuits, modulation methods).</i>
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Mündliche Prüfung / <i>oral exam</i>
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben <i>Lecture slides and notes, further literatur will be announced in lecture.</i>

## Leistungselektronik

<b>Modul / Module</b>	<b>Leistungselektronik Power Electronics</b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.22006, L.048.92023
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Leistungselektronik und elektrische Antriebe <i>Power Electronics and Electrical Drives</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h

	Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Die Aufgabe der Leistungselektronik ist die Umformung zwischen verschiedenen elektrischen Energieformen mit Hilfe elektronischer Schaltungen. Die Vorlesung führt in die Prinzipien der modernen Leistungselektronik und ihrer Aufgabenstellungen ein. Die wesentlichen Grundsaltungen werden erörtert und analysiert und typische Anwendungen aus Industrie, Energiewirtschaft und Verkehrstechnik erläutert.</p> <p><i>The task of power electronics is the conversion between various kinds of electrical energy by means of electronic circuits. The lecture introduces the modern power electronic principles and their tasks. The basic power electronic circuits are introduced and analyzed. Typical application examples from the fields of industry, energy and transportation are discussed.</i></p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idealisierung leistungselektronischer Schaltungen als schaltende Netzwerke</li> <li>• Grundsaltungen selbstgeführter Stromrichter: Tiefsetzsteller, Hochsetzsteller</li> <li>• Grundsaltungen fremdgeführter Stromrichter</li> <li>• Kommutierung, Entlastungsschaltungen</li> <li>• Mittelwertmodellierung</li> <li>• Pulsweitenmodulation, Strom- und Spannungsschwankungen, Oberschwingungen</li> <li>• Thermische Modellierung und Auslegung</li> <li>• Beispielanwendungen aus den Bereichen Bahn, Straßenfahrzeuge, Industrie und Energieerzeugung und -verteilung</li> <li>• <i>Modeling power electronic circuits as idealized switching networks</i></li> <li>• <i>Basic circuits of self-commutated converters: Buck and boost converters</i></li> <li>• <i>Basic circuits of line- and load-commutated converters</i></li> <li>• <i>Commutation, snubber circuits</i></li> <li>• <i>State-Space averaging</i></li> <li>• <i>Pulse width modulation, current and voltage ripples, harmonics</i></li> <li>• <i>Application examples from railway, automotive, industry, and energy generation and distribution</i></li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<p><b>Fachkompetenz / <i>Domain competence</i>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis moderner Prinzipien elektrischer Energieumformung</li> <li>• Kompetenz zur Beurteilung, Auswahl und Auslegung leistungselektronischer Schaltungen</li> <li>• <i>Understanding the modern principles of electrical energy conversion</i></li> <li>• <i>Competence to evaluate, select and design power electronic circuits</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / <i>Key qualifications</i>:</b></p> <p>Die Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> </ul>	

- erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen,
- erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,
- erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

*The students*

- *learn to transfer the learned skills also to other disciplines,*
- *extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the context of solving the exercises,*
- *learn strategies to acquire knowledge from literature and internet.*

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesung mit Wechsel aus Tafelanschrieb und vorbereiteter Präsentation
- Gruppenübungen
- Rechnerübungen im Computerraum
- *Lecture using blackboard as well as prepared slides*
- *Exercises within the group*
- *Exercises in the computer room*

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Keine / None

**Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Keine / None

**Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters besprochen

*Form of Exam will be presented at the beginning of the course*

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Englisch / English

**Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

*Lecture notes, slides. Other literature will be given in the lecture*

- J. Böcker: Skript/lecture notes: Leistungselektronik
- D. Schröder: Elektrische Antriebe, Band 4: Leistungselektronische Schaltungen, Springer, 1998
- N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins: Power Electronics - Converters, Applications and Design, John Wiley & Sons, Inc., 2. Edition, 2001
- R. Erickson, D. Maksimovic: Fundamentals of Power Electronics, Kluwer Academic Publishers, 2. Edition, 2001

## Solar Electric Energy Systems

Modul / <i>Module</i>	<b>Solarelektrische Energiesysteme</b> <b><i>Solar Electric Energy Systems</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.22013, L.048.92033
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Krauter
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Elektrische Energietechnik – Nachhaltige Energiekonzepte Electrical <i>Energy Technology – Sustainable Energy Concepts</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität zur Energieversorgung: Grundlagen, Eigenschaften der Wandler und Materialien, Performance, Energieertrag, Lebensdauer, Normen, Prüfung, Systeme, Modellierung, Simulation.  <i>Conversion of solar energy into electricity for power supply: Basics, properties of devices and materials, performance issues, energy yield, durability, standards, testing, systems, modeling, simulation.</i>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Potentiale, astronomische Gegebenheiten, Einstrahlung, Konzentration</li> <li>2. Solarthermische Energiewandlung</li> <li>3. Prinzip der photovoltaischen Energiewandlung</li> <li>4. Parameter der photovoltaischen Umwandlung, Umsetzung Wandler</li> <li>5. Herstellung von Solarzellen, Solarmodulen</li> <li>6. PV-Anlagen: Komponenten, Aufbau, Leistung</li> <li>7. Leistung: optische, thermische und elektrische Modellierung, Simulation, Messung</li> <li>8. Haltbarkeit von PV-Modulen und Systemen: Standards, Tests, Degradationseffekte</li> <li>9. PV für die Stromversorgung: Vorhersagbarkeit der PV-Leistung, Kombination mit anderen Energiequellen, Speicher, Leistung in großen Energienetze, individuelle Stromversorgung</li> <li>10. Marktentwicklung der PV: Off-Grid-Märkte, Märkte durch Einspeisetarife (FIT), Eigenversorgung, Kostenentwicklung</li> </ol>	

11./12. Exkursion zu einem PV-Kraftwerk (Besuch, Interview mit dem Betreiber, Dokumentation)

1. *Potentials, Irradiance, Concentration*

2. *Solar Electricity via solar thermal systems*

3. *Principle of photovoltaic energy conversion*

4. *Characteristics of photovoltaic conversion devices*

5. *Manufacturing of solar cells, solar modules*

6. *PV systems: components, set-up, performance*

7. *Performance: optical, thermal and electrical modeling, simulation, measurement*

8. *Durability of PV modules and systems: Standards, tests, degradation effects*

9. *PV for power supply: predictability of PV output, combination with other energy sources, storage, performance in large energy grids, individual power supply*

10. *Market development of PV: off-grid markets, markets triggered by feed-in tariffs (FiT), self-sustainable markets, cost and price development*

11./12. *Excursion to a PV power plant (visit, interview with the operator, documentation)*

Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

**Fachkompetenz / Domain competence:**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- die spezifischen Eigenschaften einer Energieerzeugung mittels solarthermischer und photovoltaischer Wandler zu verstehen.
- solarelektrische Kraftwerke sowohl in ihrer Gesamtheit also auch in gewissen Details zu verstehen, zu analysieren, zu beurteilen, und im groben Umfang PV-Kraftwerke zu planen.

*After completing the course the students should be Students in a position to:*

- *be familiarized with the basics of solar electric power engineering.*
- *understand the specific characteristics of a power supply via solar-thermal and photovoltaic energy conversion.*  
*understand, analyze and evaluate solar electric power plants and to be enabled to plan a layout of a PV power plant*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

sind in der Lage die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,

können methodenorientiertes Vorgehen bei der Implementierung einer nachhaltigen Energieversorgung einsetzen

sind in der Lage, sich in der Zukunft selbst weiterzubilden

<i>The students</i>
<i>are enabled to apply the knowledge and skills across disciplines</i>
<i>are enabled to use method-oriented approaches for the implementation of sustainable energy supply</i>
<i>are enabled to educate themselves in the future.</i>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen & Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen. <i>Lecture combined with practical examples &amp; simulations; Excursion to see applications in practice</i>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
Keine / None
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Keine / None
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Schriftliche Prüfung / <i>written exam</i>
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Englisch / <i>English</i>
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
Martin A. Green: Solar Cells Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications, UNSW, Sydney, Publisher: Prentice Hall, 1981.  Stuart R. Wenham, Martin A. Green, Muriel Watt, Richard Corkish, Alistair Sproul: Applied Photo-voltaics, UNSW, Sydney, softcover version: Earthscan, 2012.  Stefan Krauter: Solar Electric Power Generation. 1st Ed. Springer: Berlin, Heidelberg, New York, 2006. Stefan Krauter: Solar Electric Power Generation. 2nd Ed. Springer: Berlin, Heidelberg, New York, 2015 (under preparation, preprint available).  Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.

## Messstochastik

<b>Modul / Module</b>	<b>Messstochastik Statistics in measurement</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.22008
Koordinator / Coordinator	Wetzlar, Dietmar, Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Elektrische Messtechnik
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum /	Präsenzphasen / Time of attendance: 0h

<i>Workload</i>	Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>In vielen Bereichen der Technik treten regellos schwankende (stochastische) Größen auf, deren Verlauf sich nicht formelmäßig angeben lässt. Solche zufälligen Temperatur, Druck oder Spannungsschwankungen können Störungen, aber auch Nutzsignale sein. Ihre Behandlung erfordert statistische Methoden, wie z. B. Spektralanalyse oder Korrelationsverfahren. Die bei ihrer Realisierung auftretenden Fehler bzgl. Messzeit und Amplitudenquantisierung werden behandelt. Der praktische Einsatz statistischer Verfahren im Bereich der Kommunikations- und Automatisierungstechnik wird aufgezeigt. Vorlesungsbegleitende Matlab® und laborpraktische Übungen helfen, den Stoff zu vertiefen.</p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Die Vorlesung Messstochastik behandelt folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Messstochastik</li> <li>• Stochastische Prozesse in nichtlinearen Systemen</li> <li>• Geräte der Messstochastik</li> <li>• Probleme der endlichen Messzeit</li> <li>• Anwendungen: Signalerkennung im Rauschen, Worterkennung durch partielle Autokorrelation, Systemidentifikation, Flammüberwachung, Ortung, Lecksuche in Leitungen, Trennung stochastischer Summenprozesse, Laufzeit- und Geschwindigkeitsmessung bei starren und turbulenten sowie stationären und instationären Bewegungsabläufen, Rehocence- und Cepstrumverfahren, Sensoren zur korrelativen Geschwindigkeitsmessung, FTIR-Spektrometer als optischer Korrelator</li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<p><b>Fachkompetenz / <i>Domain competence</i>:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe Messaufgaben mit stochastisch schwankenden Größen zu analysieren und zu beurteilen sowie eigene Lösungen zu entwickeln,</li> <li>• Algorithmen bezüglich Recheneffizienz, Effektivität, Fehlerabschätzung und Grenzen zu bewerten.</li> </ul>	
<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / <i>Key qualifications</i>:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die erworbenen Kenntnisse disziplinübergreifend bei komplexen Fragestellungen einsetzen,</li> <li>• können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,</li> <li>• sind methodisch in der Lage, sich in vergleichbare Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li> </ul>	
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung an interaktiver Präsentationstafel mit schrittweiser Entwicklung umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Lösung von Übungsaufgaben und laborpraktische Behandlung messtechnischer Aufgaben aus den Bereichen Nachrichten-, Regelungs- und Prozessmesstechnik.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
Vorkenntnisse aus dem Modul Messtechnik werden erwartet
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Keine / None
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Mündliche Prüfung / oral exam
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch / German
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
Es wird Begleitmaterial bereitgestellt, das in der Vorlesung zu ergänzen ist. Hinweise auf Lehrbücher und auf wichtige Publikationen werden gegeben.

### III.3.2 Kognitive Systeme

<b>Katalogname Name of catalogue</b>	<b>Kognitive Systeme</b>
Modulnummer / Module ID	v1 M.048.2300, M.048.2330 v2 M.048.2301, M.048.2302, M.048.2331, M.048.2332
Lehrveranstaltungen im Katalog Courses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digital Image Processing II</li> <li>• Robotik</li> <li>• Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel</li> </ul>
Semester	1.- 3. / 1 <sup>st</sup> – 3 <sup>rd</sup> semester of master course
Modulart Module type	
Katalogbetreuer Catalogue advisor	Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch je nach Kurs / German or English, depending on courses
Organisationsform Methodic implementation	Vorlesung und Übung Lecture combined with exercises
Semesterwochenstunden Contact hours per week per semester	2V + 2U 2L / 2Ex
Kreditpunkte / Credits ECTS	6 pro Veranstaltung / 6 per course
Lernziele Learning objectives	Durch die im Katalog angebotenen Veranstaltungen werden die Studierenden in die

	Lage versetzt, kognitive Systeme zunächst kennen zu lernen und sie anschließend zu entwerfen, zu realisieren und im Betrieb zu warten.
Prüfungsmodalitäten Assesements	1 mündliche oder 1 schriftliche Prüfung <i>1 oral or 1 written exam</i>

## Digital Image Processing II

Modul / Module	<b>Digital Image Processing II</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.23016, L.048.92010
Koordinator / Coordinator	Mertsching, Bärbel Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	GET Lab
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Veranstaltung "Digital Image Processing II" stellt ein Modul im Katalog "Kognitive Systeme" für Fortgeschrittene im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar.</p> <p>Die Veranstaltung baut auf dem Basismodul "Digital Image Processing I" auf und beschreibt Methoden zur Merkmalextraktion und Objekterkennung.</p> <p><i>The course "Digital Image Processing II" is a module in the catalog "Cognitive Systems" for advanced students of the Electrical Engineering Master's program and related courses of studies.</i></p> <p><i>It follows the fundamental course "Digital Image Processing I" and describes methods for feature extraction and object recognition.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wavelets und Mehrebenenverfahren (Bildpyramiden, Wavelet-Transformation)</li> <li>• Bildsegmentation (Linien- und Kantendetektion, Schwellwertverfahren, Regionen-basierte Segmentierung, Wasserfall-Verfahren, Bewegung)</li> <li>• Repräsentation und Beschreibung (Kettencodes, Signaturen, Konturbeschreibungen, Flächendeskriptoren)</li> <li>• Stereo Image Analysis (Tiefenwahrnehmung, Stereogeometrie, Korrespondenzproblem)</li> <li>• Bewegungsschätzung (optischer Fluss, Bewegungsmodelle, Bewegungssegmentati-</li> </ul>	

- on)
- Objekterkennung (Objektbeschreibungen, Klassifikatoren, probabilistische Ansätze)
- *Wavelets and multiresolution processing (Image pyramids, Wavelet transforms)*
- *Image segmentation (Line- and edge detection, thresholding, region-based segmentation, watershed algorithm, motion)*
- *Representation and description (chain codes, signatures, contour descriptors, regional descriptors)*
- *Stereo Image Analysis (depth perception, stereo geometry, correspondence problem)*
- *Motion estimation (optical flow, motion models, motion segmentation)*
- *Object recognition (object descriptions, classifiers, probabilistic approaches)*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

##### **Fachkompetenz / *Domain competence:***

Die Studierenden

- können die grundlegenden Methoden zur Bildsegmentation anwenden,
- beherrschen Methoden zur Beschreibung von Bildmerkmalen und zur Objekterkennung,
- können Kenntnisse aus der Bildverarbeitung auf die Behandlung anderer mehrdimensionaler Signale übertragen und
- können den aktuellen Stand des Wissens in den vorgestellten Gebieten beschreiben.

*The students*

- *are able use the basic methods for image segmentation,*
- *have a good command of the probabilistic methods for the description of image features and object recognition,*
- *are able to transfer the acquired knowledge of image processing to the processing of other multi-dimensional signals and*
- *are able to describe the state-of-the-art of the presented topics.*

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications:***

Die Studierenden können die Funktion und das Verhalten komplexer technischer Prozesse und ihre Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld unter ethischen Gesichtspunkten erkennen und bewerten.

*The students are able to identify and evaluate the function and the behavior of complex technical processes and their integration into the social environment while also considering ethical aspects.*

#### Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
- Im Übungsteil implementieren, testen und verwenden die Studierenden die vorgestellten Verfahren.
- *The theoretical and methodic fundamentals will be introduced during the lecture.*
- *During the subsequent exercise / lab part the participants will implement, test, and apply the presented methods.*

#### Inhaltliche Voraussetzungen / *Prerequisites*

- Grundlegende Kenntnisse der Bildverarbeitung
- *Basic knowledge of image processing*

<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Basiert auf: Digital Image Processing I  <i>Based on: Digital Image Processing I</i>
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Mündliche Prüfung / oral exam
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / German or English (depending on demand)
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):  <i>Lecture notes, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing (lecture notes)</li> <li>• Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG</li> <li>• Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital ImageProcessing. Prentice Hall, 3rd ed., 2007. ISBN-13: 978-0131687288</li> <li>• Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7.Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514</li> </ul>

### Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel

<b>Modul / Module</b>	<b>Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel Cognitive Systems Engineering - Special Topics</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.23019 <i>MS ESE Students: see 'Contents' below for PAUL course numbers.</i>
Koordinator / Coordinator	Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.  CSE A: gemeinsam mit / together with Scharlau, Ingrid, Prof. (Kognitionspsychologie / cognitive psychology)
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	GET Lab
Typ / Type	2+2 PS 2+2 PS
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / Time of attendance: 60h Selbststudium / Self-study: 120h Ges. Arbeitspensum / Total workload: 180h
Leistungspunkte / Credits	6 (3+3)
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse</a>
Zeitmodus / Semester	Winter- und Sommersemester <i>winter and summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	

In der Veranstaltung werden aktuelle Themen aus der Forschung zu technischen kognitiven Systemen behandelt.

*The course presents cutting-edge topics of today's research on technical cognitive systems.*

#### Inhalt / Contents

Das Modul wird in drei Teilen angeboten. Es sind zwei aus drei Teilen zu wählen. Jeder Teil hat einen Umfang von 2 SWS bzw. 3 Leistungspunkten.

- **Cognitive Systems Engineering A - Visual Attention (L.048.90701 für MS ESE)**  
Im Wintersemester findet ein Projektseminar statt, welches in die Modellierung und experimentelle Erforschung von visueller Aufmerksamkeit und damit die Forschung an den Lehrstühlen GET Lab und Kognitionspsychologie einführt. Dabei soll auch gezeigt werden, wie über die Grenzen von Disziplinen hinweg gemeinsam geforscht werden kann. Der Schwerpunkt liegt aktuell auf dem Thema Salienz.
- **Cognitive Systems Engineering B (L.048.90702 für MS ESE)**  
Im Sommersemester wird ein Projektseminar mit wechselnden Themen aus aktuellen Forschungsprojekten angeboten.
- **Cognitive Systems Engineering C - GET Forschungsseminar (L.048.62008 für MS ESE)**  
Im Sommersemester und im Wintersemester finden verschiedene Präsentationen statt: aktuelle Zwischenberichte und Ergebnisse aus laufenden Studien- und Diplomarbeiten, Forschungsvorhaben und Drittmittelprojekten aus dem Forschungsbereich Technische Kognitive Systeme; Vorträge von Gästen der Arbeitsgruppe.

Hinweis: Die hier genannten Kursnummern sind nicht für den dt. Master Elektrotechnik relevant. Studierende dieses Studiengangs wählen (unabhängig von den gewünschten Veranstaltungen) den generischen Kurs **L.048.23019**.

*This module is offered in two parts. Students have to choose two out of three. Each part lasts two hours per week and yields three credits.*

- **Cognitive Systems Engineering A - Visual Attention (L.048.90701 für MS ESE)**  
*In the winter semester a project seminar takes place which introduces students to the modeling and experimental research of visual attention, and thus to current research at the chairs of GET Lab and Cognitive Psychology. It is also intended to demonstrate the possibility of joint research across boundaries of different disciplines. The current focus lies on salience.*
- **Cognitive Systems Engineering B (L.048.90702 für MS ESE)**  
*In the summer semester a second project seminar with varying topics from current research projects is offered.*
- **Cognitive Systems Engineering C - GET Research Seminar (L.048.62008 for MS ESE)**  
*In summer semester and winter semester various presentations take place: current interim reports and results of seminar papers and diploma theses in progress, research projects and third-party funded projects focusing on research in the field of technical cognitive systems; lectures by guests of the GET Lab.*

*Hint: The course numbers here are extraneous for the German 'Master Elektrotechnik'. Students of this degree course choose (independent of the desired course) the course number L.048.23019.*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

##### Fachkompetenz / Domain competence:

Die Studierenden

- können grundlegende Fragestellungen für den Entwurf und die Implementierung von

- technischen kognitiven Systemen benennen,
- sind in der Lage, technische kognitive Systeme zu verwenden und zu evaluieren und
- können einfache psychovisuelle Experimente entwerfen, durchführen und auswerten.

*The students*

- *are able to name basic research topics related to the the design and the implementation of technical cognitive systems,*
- *can apply and evaluate technical cognitive systems and*
- *are able to design, implement and evaluate basic psychovisual experiments.*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

- sind in der Lage (englischsprachige) Fachliteratur zu recherchieren,
- haben ein Verständnis für die fachspezifischen Forschungsansätze (Elektrotechnik/ Informatik/ Psychologie) entwickelt.

*The students*

- *are able to research and evaluate (English) technical literature,*
- *have developed an understanding of the discipline-related research approaches (computer science, electrical engineering, psychology).*

**Methodische Umsetzung / Implementation**

CSE A:

- Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden; kleine Programmierbeispiele; Entwicklung und Durchführung von psychophysischen Experimenten
- *Presentations and discussions by the participants; small programming examples, development and realization of psychophysical experiments*

CSE B + C:

- Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden
- *Presentations and discussions by the participants*

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Keine - aber Interesse am Seminarthema und interdisziplinärer Arbeit

*None - but interest in the subject-matter and interdisciplinary work*

**Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Keine / None

**Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Die Note für das Modul wird aus den Bewertungen für unterschiedliche Teilleistungen, die in zwei der drei Veranstaltungen erbracht werden, errechnet.

*The module grade is calculated based on the partial performance in two of the three courses.*

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

Lehrmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

CSE A: Auszug / *Excerpt*

- Backer, G. (2003) Modellierung visueller Aufmerksamkeit im Computer Sehen: Ein zweistufiges Selektionsmodell für ein Aktives Sehsystem. Dissertation U Hamburg [http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2004/2226/]. (Letzter Zugriff: 25.02.2016).
- Itti, L., Rees, G. & Tsotsos (2005): Neurobiology of Attention (sections Foundations and Systems). Amsterdam (Elsevier) 3-196 resp. 547-676.

## Robotik

Modul / <i>Module</i>	<b>Robotik</b> <b>Robotics</b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.23010, L.048.92012
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Mertsching, Bärbel Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	GET Lab
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Die Veranstaltung "Robotik" stellt ein Basismodul im Katalog "Kognitive Systeme" im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar. Die Veranstaltung stellt grundlegende Konzepte und Techniken im Bereich der mobilen Robotik vor. Die Herausforderungen für die Entwicklung autonomer intelligenter Systeme werden analysiert und die aktuellen Lösungen vorgestellt.</p> <p><i>The course "Robotics" is a fundamental module in the catalog "Cognitive Systems" of the Electrical Engineering Master's program and related courses of studies. The course introduces basic concepts and techniques in the field of mobile robotics. The challenges for the development of autonomous intelligent systems will be analyzed and the current solutions will be presented.</i></p>	

<b>Inhalt / Contents</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensoren, Effektoren, Aktoren</li> <li>• Homogene Koordination, allgemeine Transformationen, Denavit-Hartenberg Parameter</li> <li>• Kinematik und Dynamik von Roboterarmen und mobilen Robotern</li> <li>• <i>Sensors, effectors, actuators</i></li> <li>• <i>Homogenous coordinates, general transformations, Denavit-Hartenberg parameters</i></li> <li>• <i>Kinematics and dynamics of robot arms and mobile robots</i></li> </ul>
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können grundlegende Verfahren aus der Regelungstechnik und der Systemtheorie auf Roboter übertragen und</li> <li>• beherrschen die Methoden zur Beschreibung sowie der Planung und Steuerung von Bewegungen von Roboterarmen und mobilen Robotern.</li> </ul> <p><i>The students</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>know how to transfer basic methods from control and system theory to robotics and</i></li> <li>• <i>are able to apply the adequate methods to describe as well as plan and control the movements of robot arms and mobile robots.</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden können die Funktion und das Verhalten von Robotern und ihre Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld unter ethischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten erkennen und bewerten.</p> <p><i>The students are able to identify and evaluate the function and behavior of robots and their integration into the social and economic environment while also considering ethical aspects.</i></p>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.</li> <li>• Eine Einübung der präsentierten Methoden erfolgt danach im Übungsteil.</li> <li>• Abschließend werden einfache Algorithmen von den TeilnehmerInnen implementiert, getestet und angewendet.</li> <li>• Im Praktikumsteil werden die notwendigen Programmierkenntnisse vermittelt, er ist aber ausdrücklich nicht als Programmierkurs gedacht.</li> <li>• <i>The theoretical and methodical fundamentals will be introduced during the lecture.</i></li> <li>• <i>The methods presented will be practiced during the subsequent exercise / lab part.</i></li> <li>• <i>Finally, the participants will implement, test, and apply simple algorithms.</i></li> <li>• <i>The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.</i></li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
Keine / None
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Keine / None

Prüfungsmodalitäten / Assessments
Zwei Zwischentests und Klausur  <i>Two midterm exams and written exam</i>
Unterrichtssprache / Teaching Language
Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature
Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden noch bekannt gegeben.  <i>Allocation of lecture notes; information on textbooks stocked in the textbook collection will be announced later.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mertsching, Bärbel: Robotics (lecture notes)</li> <li>• McKerrow, Phillip J.: Introduction to Robotics. Addison-Wesley, 1991</li> <li>• Siegwart, Roland; Nourbakhsh, Illah R. and Scaramuzza, David: Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2011, ISBN-13: 978-0262015356</li> </ul>

### III.3.3 Kommunikationstechnik

Katalogname <i>Name of catalogue</i>	Kommunikationstechnik <i>Communications</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	v1 M.048.2400, M.048.2440 v2 M.048.2401, M.048.2402, M.048.2441, M.048.2442
Lehrveranstaltungen im Katalog <i>Courses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitale Sprachsignalverarbeitung</li> <li>• Videotechnik</li> <li>• Feldberechnung mit der Randelementmethode / Field Computation Using Boundary Element Method</li> <li>• Topics in Signal Processing</li> <li>• Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode</li> <li>• Optical Waveguide Theory</li> <li>• Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik / Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering</li> </ul>
Semester	2.-4. / <i>2<sup>nd</sup> -4<sup>th</sup> semester of master course</i>
Modulart <i>Module type</i>	
Katalogbetreuer <i>Catalogue advisor</i>	Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch oder Englisch je nach Kurs / <i>German or English, depending on courses</i>
Organisationsform	Vorlesung und Übung

<i>Methodic implementation</i>	<i>Lecture combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U 2L / 2Ex
Kreditpunkte / Credits ECTS	6 pro Veranstaltung / 6 per course
Lernziele <i>Learning objectives</i>	<p>Kommunikationstechnik beschäftigt sich nicht nur mit der Darstellung, Codierung, Übertragung und Speicherung von Information, sondern auch mit deren Analyse und Interpretation.</p> <p>Es wird erwartet, dass die Studierenden bereits grundlegende Kenntnisse der Übertragungstechnik aus einem vorangegangenen Bachelorstudium aufweisen. Durch Auswahl entsprechender Wahlpflichtfächer aus dem angebotenen Katalog haben sie Gelegenheit, vertiefende Kenntnisse in verschiedenen Bereichen der Kommunikationstechnik zu erwerben. Das angebotene Fächerspektrum umfasst Themen aus den Bereichen Hochfrequenztechnik, Kommunikationsnetze und -systeme, digitale Signalverarbeitung, sowie Sprach- und Bildverarbeitung.</p> <p><i>Communications Engineering is not only concerned with the representation, coding, transmission and storage of information, but also with the analysis and interpretation. It is expected that students are familiar with a basic knowledge of communications technology from their prior Bachelor studies. By choosing courses from the catalogue they can deepen their expertise in different fields, such as high-frequency technology, communication networks and systems, digital signal processing and speech or image processing.</i></p>
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	1 mündliche oder 1 schriftliche Prüfung oder 1 Referat <i>1 oral or 1 written exam or 1 seminar paper</i>

### Digitale Sprachsignalverarbeitung

Modul / <i>Module</i>	<b>Digitale Sprachsignalverarbeitung</b> <b><i>Digital Speech Signal Processing</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.92041
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Schmalenströer, Jörg, Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Nachrichtentechnik <i>Communications Engineering</i>
Typ /	2 V / 2 Ü

Type	2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 60h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://nt.upb.de/index.php?id=dssv">http://nt.upb.de/index.php?id=dssv</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i>	
<p>Die Veranstaltung führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur digitalen Sprachsignalverarbeitung ein. Schwerpunkt des ersten Teils der Vorlesung liegt im Themengebiet „Hören und Sprechen“, welches sich mit psychologischen Effekten der Geräuschwahrnehmung und der Spracherzeugung beschäftigt. Anschließend werden zeitdiskrete Signale und Systeme, sowie deren rechnergestützte Verarbeitung besprochen. Die nichtparametrische Kurzzeitanalyse von Sprachsignalen, die Sprachcodierung und die IP-Telefonie sind weitere Themen.</p> <p><i>The course introduces the basic techniques and theories of digital speech signal processing. A focal point of the first part of the lecture is the topic “Listening and Speaking”, which is concerned with psychological effects of human sound perception and speech production. Subsequently, time discrete signals and systems, as well as computer based data processing are discussed. Further topics are non-parametric short-time analysis of speech signals, speech coding and IP-phones.</i></p>	
Inhalt / <i>Contents</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprechen und Hören <ul style="list-style-type: none"> <li>o Spracherzeugung: menschliche Sprechorgane, Lautklassen, Quelle-Filter-Modell, Vocoder</li> <li>o Grundlagen Schallwellen</li> <li>o Hören: menschliches Hörorgan, Psychoakustik und Physiologie des Hörens, Lautheit, Verdeckung, Frequenzgruppen</li> </ul> </li> <li>• Zeitdiskrete Signale und Systeme <ul style="list-style-type: none"> <li>o Grundlagen: Elementare Signale, LTI-Systeme</li> <li>o Transformationen: Fouriertransformation zeitdiskreter Signale, DFT, FFT</li> <li>o Realisierung zeitdiskreter Filterung im Frequenzbereich: Overlap-Add, Overlap-Save</li> </ul> </li> <li>• Statistische Sprachsignalanalyse <ul style="list-style-type: none"> <li>o Grundlagen Wahrscheinlichkeitsrechnung</li> <li>o Kurzzeitanalyse von Sprachsignalen: Spektrogramm, Cepstrum</li> </ul> </li> <li>• Schätzung von Sprachsignalen <ul style="list-style-type: none"> <li>o Optimale Filterung</li> <li>o LPC-Analyse</li> <li>o Spektrale Filterung zur Rauschunterdrückung</li> <li>o Adaptive Filterung: LMS Adaptionsalgorithmus, Echokompensation</li> </ul> </li> <li>• Sprachcodierung</li> </ul>	

- o Signalformcodierung, parametrische Codierung, hybride Codierverfahren
- o Codierung im Frequenzbereich
- o Amplitudenquantisierung: gleichförmige Quantisierung, Quantisierung mit Kompondierung ( $\mu$ law, alaw)
- *Listen and talk*
  - o *Generating voice: human vocal tract, source filter model, vocoder*
  - o *Acoustic waves*
  - o *Listen: human ear, psycho acoustics and physiology of listening, loudness, acoustic occlusion, frequency groups*
- *Time-discrete signals and systems*
  - o *Basics: Elementary signals, LTI systems*
  - o *Transformations: Fourier transformation of time-discrete signals, DFT, FFT*
  - o *Time-discrete filtering in frequency domain: Overlap-Add, overlap-Save*
- *Statistical speech signal analysis*
  - o *Basics in theory of probabilities*
  - o *Short-run analysis of speech signals: Spectrogram, cepstrum*
- *Estimation of speech signals*
  - o *Optimal filters*
  - o *LPC analysis*
  - o *Spectral filtering for noise suppression: spectral subtraction, Wiener filter*
  - o *Adaptive Filters: LMS adaptation algorithm, echo compensation*
- *Speech coding*
  - o *Time domain coding: signal shape coding, parametric coding, hybride coding techniques*
  - o *Frequency domain coding*
  - o *Amplitude quantization: uniform quantization, quantization with companders ( $\mu$ law, alaw)*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

##### **Fachkompetenz / *Domain competence:***

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- Digitale Signale, speziell Audiosignale, im Zeit- und Frequenzbereich zu analysieren,
- Sprachsignale effizient zu repräsentieren und
- Weit verbreitete Algorithmen zur Sprachsignalanalyse und Verarbeitung im Frequenz- oder Zeitbereich zu implementieren.

*After attending the course, the students will be able to*

- *analyze digital signals, e.g., audio signals, in the time or frequency domain,*
- *represent audio signals efficiently and*

- *implement widely-used algorithms for speech analysis and speech processing in the frequency or time domain.*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

- können Effekte in echten Signalen durch theoretisches Wissen erklären,
- können theoretische Ansätze durch systematische Betrachtung untersuchen und
- sind durch die fundierte Betrachtung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

*The students*

- *are able to explain effects in real signals based on the theoretical knowledge,*
- *are able to investigate theoretical approaches by a systematic analysis and*
- *are, due to the precise treatment of the contents, in a position to continue their learning themselves*

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit Tafeleinsatz und Präsentationen,
- Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Übungsblättern und Rechnern und
- Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung
- *Lectures using the blackboard and presentations,*
- *Alternating theoretical and practical exercise classes with exercise sheets and computer and*
- *Demonstration of real technical systems in the lecture hall.*

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Vorkenntnisse aus dem Modul Höhere Mathematik.

*Prior knowledge from the module Higher Mathematics.*

**Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Keine / None

**Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Mündliche Prüfung / oral exam

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Deutsch oder Englisch / German or English

**Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte

*Allocation of a script; information on textbooks ; matlab scripts*

## Videotechnik

Modul / Module	<b>Videotechnik</b> <b>Video Technology</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.24011
Koordinator / Coordinator	Bock, G., Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Nachrichtentechnik Communications Engineering
Typ / Type	2 V 2 L
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://nt.upb.de/index.php?id=vt">http://nt.upb.de/index.php?id=vt</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Veranstaltung „Videotechnik“ führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur Aufnahme, Verarbeitung und Wiedergabe von Bewegtbildern über klassische analoge und digitale Verteilwege ein. Aufbauend auf den Grundlagen der Bildfeldzerlegung werden zunächst Bandbreitebedarfe, Standardisierungsbedingungen und eingeführte Systeme erläutert. Bezogen auf die Grundlagen des Sehens wird die Farbmeterik und die analoge und digitale Farbcodierung erläutert. Farbaufnahmetechniken und moderne Wiedergabesysteme ergänzen die Theorie. Digitale Bildsignale mit entsprechenden Datenreduktionsmechanismen (MPEG) bilden die Grundlage der modernen Übertragungsmethoden nach dem DVB (Digital Video Broadcasting) Verfahren.</p> <p>Die Prinzipien der magnetischen (VTR), optischen (DVD) und elektrischen Bildspeichersysteme werden erläutert. Auf 3-dimensionale Aufnahme- und Wiedergabetechniken wird eingegangen.</p> <p><i>The course “Video Technology” gives an introduction to the basic techniques and theories of taking , processing and reproduction of motion pictures and transmitting them via analogue and digital links. Starting with the basics of scanning necessary bandwidth and standards of intended systems are discussed. Depending on the colour vision system of the human eye science of colour and analogue and digital colour coding are described.</i></p> <p><i>Electronic camera systems and modern reproduction sets complements the theory. Digital picture transmission systems combined with data reduction (MPEG) are the main emphasis of modern transmission like DVB (Digital Video Broadcasting).</i></p> <p><i>Video tape recording (VTR), optical (DVD) and electrical picture storing systems are described. New 3 dimensional picture taking and viewing will be shown.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des Sehens, Farbmeterik / Colour vision System; Basic Principles of Colour</li> <li>• Bildfeldzerlegung und Abtastung / Basics of Picture Scanning</li> <li>• Das Videosignal, Normen, Grundlagen der Farbvideotechnik / Video Signal, Standards, Ba-sics of Colour Video Techniques</li> <li>• Optisch-Elektrische Wandler, Digitalisierung / Electronic Cameras, Digitization</li> <li>• Quellencodierung, Bilddatenreduktionsmethoden (MPEG) / Sourcecoding, Picture Data Reduction Systems</li> </ul>	

- Kanalcodierung und Übertragung, digitale Übertragungsmethoden (DVB) / Channel-coding and Transmission, Digital Transmission (MPEG)
- Empfängertechnik, Speicherprinzipien / Receivers and Storage
- 3-D Technologien / 3-D Technology

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

##### **Fachkompetenz / *Domain competence:***

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- Problemstellungen im Bereich Bildabtastung und Wiedergabe zu analysieren und Zusammenhänge mathematisch zu formulieren,
- Datenreduktionsmechanismen zu beschreiben,
- Bildübertragungssysteme (analog und digital) zu erläutern.
- Farbmetrische Zusammenhänge zu erklären.

*After attending the course, the students will be able to*

- *analyze tasks in the field of basics of picture scanings and to formulate requirements mathematically,*
- *describing of picture data reduction systems*
- *declaring picture transmission systems.*
- *describing basic principles of color*

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications:***

Die Studierenden

- können theoretische Ergebnisse in praktische Realisierungen überprüfen,
- können theoretische Ansätze mittels methodenorientiertem Vorgehen einer systematischen Analyse unterziehen und
- sind durch die fundierte Betrachtung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

*The students*

- *able to check theoretical results using practical realizations,*
- *are able to undertake theoretical approaches a systematic analysis using methodical procedures and*
- *are, due to the precise treatment of the contents, in a position to continue their learning themselves*

#### Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit Tafeleinsatz und Präsentationen,
- Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Tafeleinsatz
- Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung
- *Lectures using the blackboard and presentations,*
- *Alternating theoretical and practical exercise classes with blackboard*
- *Demonstration of real technical systems in the lecture hall.*

Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i>
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Digitale Signalverarbeitung und Übertragungstechnik  <i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Digital Signal Processing and Transmission Techniques.</i>
Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i>
Keine / <i>None</i>
Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i>
Mündliche Prüfung / <i>oral exam</i>
Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
Deutsch / <i>German</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>
Bereitstellung von elektronischen „Handouts“ auf CD. Literatur: 1. Schönfelder, H Fernsehtechnik im Wandel Springer Verlag, Heidelberg 1996 2. Schiller, Martin et.al INTERNET: Werkzeuge und Dienste Springer Verlag, Berlin 1994 3. Mäusl, R. Digitale Modulationsverfahren Hüthig-Verlag, Heidelberg 1985 4. Schönfelder, H. Bildkommunikation Springer Verlag, Heidelberg 1988 5. Jens-Rainer Ohm Digitale Bildcodierung Springer Verlag, Berlin 1995 6. Reimers, U. (Hrsg.) Digitale Fernsehtechnik (4. Auflage) Datenkompression und Übertragung für DVB Springer Verlag, Berlin 1995 / 2008 7. Hentschel, H.J. Theorie und Praxis der Lichttechnik Hüthig-Verlag, Heidelberg 1982 8. Lang, H. Farbmetrik und Farbensehen Oldenbourg Verlag, München 1978 9. Tauer, Holger Stereo 3D: Grundlagen, Technik und Bildgestaltung Verlag Schiele& Schön, Berlin 2011

### Feldberechnung mit der Randelementmethode

Modul / <i>Module</i>	Feldberechnung mit der Randelementmethode <i>Field Computation Using Boundary Element Method</i>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.24013
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Sievers, Denis, Dr.-Ing.

Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 60h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://tet.upb.de/">http://tet.upb.de/</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Winter- und Sommersemester <i>winter and summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Im Mittelpunkt der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode steht ein Diskretisierungsverfahren, das bevorzugt in der Antennentechnik zur Lösung von Abstrahlungsproblemen sowie in der Radartechnik zur Analyse von Streuobjekten eingesetzt wird. Aus den numerisch ermittelten Ergebnissen sind schließlich wichtige Kenngrößen wie beispielsweise die Richtcharakteristik von Antennen oder der Rückstreuquerschnitt von Radarzielen ableitbar. Ziel der Vorlesung ist die Vermittlung des theoretischen Grundwissens über die Randelementmethode unter Berücksichtigung anwendungsbezogener Aspekte, wobei das Hauptaugenmerk auf den Einsatz in der Ingenieurspraxis gerichtet ist.</p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Die Vorlesung Feldberechnung mit der Randelementmethode gliedert sich wie folgt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung (Motivation, Mathematische Grundlagen)</li> <li>2. Integralgleichungsmethode (Darstellungsformeln für elektromagnetische Felder, Oberflächenintegralgleichungen)</li> <li>3. Mathematische Modellbildung (Formulierung von Antennen-, Streu- und Eigenwertproblemen, Anregungsformen, Berechnung von Rückstreuquerschnitten und Antennenparametern)</li> <li>4. Diskretisierung mittels Momentenmethode (Prinzip von Projektionsverfahren, Basisfunktionen)</li> <li>5. Berechnung der Matrixbeiträge (Numerische Integration, Behandlung singulärer Integrale)</li> <li>6. Aspekte bei der Lösung des diskreten Modellproblems (Lösungsstrategien, Matrixkompressionsverfahren)</li> </ol>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<p><b>Fachkompetenz / <i>Domain competence</i>:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe elektromagnetische Feldprobleme mathematische zu beschreiben (Modellbildung)</li> <li>• einfache numerische Algorithmen auf einer Rechenanlage umzusetzen (Implementierung)</li> <li>• numerisch gewonnene Ergebnisse zu visualisieren und physikalisch zu deuten (Interpretation)</li> </ul>	

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

- lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,
- erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen
- erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,
- erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz

**Methodische Umsetzung / Implementation**

Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die von einer programmierpraktischen Übung begleitet wird, in welcher die vorgestellten Algorithmen auf einem Computer umgesetzt und anhand einfacher Praxisbeispiele erprobt werden.

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Veranstaltungen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden

**Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules****Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Mündliche Prüfung / oral exam

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Deutsch / German

**Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

## Topics in Signal Processing

Modul / Module	Ausgewählte Kapitel der Signalverarbeitung Topics in Signal Processing
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.24017, L.048.92014
Koordinator / Coordinator	Prof. Peter Schreier
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Fachgebiet Signal- und Systemtheorie Signal and System Theory Group
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / Time of attendance: 60h Selbststudium / Self-study: 120h Ges. Arbeitspensum / Total workload: 180h
Leistungspunkte / Credits	6

Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://sst.upb.de">http://sst.upb.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Diese Veranstaltung behandelt eine Auswahl von aktuellen Themen in der Signalverarbeitung. Ein Teil der Veranstaltung besteht aus regulären Vorlesungen, wohingegen der andere aktive Mitarbeit von Studenten voraussetzt.</p> <p><i>This course covers a selection of current topics in signal processing. One part of this course will follow a regular lecture format, while the other part will require active student participation.</i></p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Zunächst werden in diesem Kurs relevante Aspekte aus der linearen Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie wiederholt. Danach werden Studenten angeleitet, aktuelle Veröffentlichungen aus der Signalverarbeitungsliteratur zu lesen, zu analysieren und dann auch zu präsentieren.</p> <p><i>This course will first review relevant aspects of linear algebra and probability theory. Then students will learn how to read, analyze, and present recent papers from the signal processing literature.</i></p>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<p>In dieser Veranstaltung werden Studenten mit aktuellen Forschungsthemen in der Signalverarbeitung vertraut gemacht. Studenten lernen, wissenschaftliche Veröffentlichungen zu verstehen und kritisch zu bewerten. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden.</p> <p><i>In this course, students will familiarize themselves with some current research topics in signal processing. They will learn to read and understand scientific publications and to critically evaluate results. Students will develop confidence in their ability to solve mathematical problems of analysis and design. They will be able to apply the principles they have learnt in this course to other areas.</i></p>	
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>	
<p>Vorlesung und Übung mit aktiver Beteiligung der Studenten, Präsentationen von Studenten</p> <p><i>Lectures and tutorials with active student participation, student presentations</i></p>	
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i></b>	
<p>Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra</p> <p><i>Signal and system theory, at least a basic understanding of probability and linear algebra</i></p>	
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i></b>	
Keine / <i>None</i>	
<b>Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i></b>	
<p>Präsentation und Ausarbeitung</p> <p><i>Presentation and written report</i></p>	
<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b>	
Englisch / <i>English</i>	
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i></b>	
Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.	

References will be given in the first lecture.

## Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode

Modul / <i>Module</i>	<b>Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode</b> <i>Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method</i>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.92036
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Grynko, Yevgen
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 0h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Die Veranstaltung bietet eine Einführung in die fortgeschrittene und leistungsfähige numerische Methode der Discontinuous Galerkin Methode im Zeitbereich. Mit dieser lassen sich zeit-räumliche Phänomene wie elektromagnetische Feldausbreitung und andere durch partielle Differentialgleichungen beschreibbare Effekte effizient simulieren.</p> <p><i>This course provides an introduction tot he sophisticated and powerful Discontinuous Galerkin method in time domain. With this numerical technique it is possible to describe spatiotemporal effects like electromagnetic field propagation and other physical models which can be described by partial differential equations.</i></p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Inhalt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung, Motivation</li> <li>• Grundlagen der Discontinuous Galerkin Methode</li> <li>• Linear Systeme</li> <li>• Theoretische Grundlagen, Diskrete Stabilität</li> <li>• Numerische Probleme, Stabilität</li> <li>• Höhere Ordnungen, Globale Eigenschaften</li> <li>• Simulation elektromagnetischer Felder</li> </ul> <p><i>Contents</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Introduction, Motivation, History</i></li> </ul>	

- *Basic elements of the Discontinuous Galerkin Method*
- *Linear systems • Theory foundation and discrete stability*
- *Nonlinear problems and properties*
- *Higher order, global problems*
- *Application to electromagnetic field simulation*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

##### **Fachkompetenz / *Domain competence:***

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- komplexe elektromagnetische Feldprobleme mathematische zu beschreiben
- einfache numerische Algorithmen auf einer Rechenanlage umzusetzen
- numerisch gewonnene Ergebnisse zu visualisieren und physikalisch zu deuten

*After attending the course, the student will be able*

- *to mathematically describe electromagnetic field problems of high complexity*
- *to implement simple numerical algorithms on a computer*
- *to physically interpret and visualise the results obtained numerically*

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications:***

Die Studierenden

- lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,
- erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen
- erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,
- erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz

*The students*

- *learn to transfer the acquired skills also to other disciplines*
- *extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the context of solving the exercises*
- *learn strategies to acquire knowledge from literature and internet*
- *acquire a specialised foreign language competence*

#### Methodische Umsetzung / *Implementation*

Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, in der zugehörigen programmierpraktischen Übung werden für einfache Problemstellungen der Simulationstechnik kleine Programme erstellt.

*The theoretical concepts are presented in form of a lecture. In the corresponding exercises simulation techniques are practised by writing or adapting small programs.*

#### Inhaltliche Voraussetzungen / *Prerequisites*

Gute Kenntnisse der Maxwellgleichungen, ihrer Eigenschaften und Lösungen auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen". Mathematische Grundkenntnisse in Differentialgleichungen und Vektoranalysis.

*Detailed knowledge of the Maxwell Equations, their properties and solutions as taught in the course*

<i>Fields&amp;Waves. Mathematical basis knowledge on differential equations and vector analysis.</i>
Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i>
Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i>
Mündliche Prüfung / <i>oral exam</i>
Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>

## Optical Waveguide Theory

<b>Modul / Module</b>	<b><i>Optical Waveguide Theory</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.24019, L.048.92038
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Hammer, Manfred, Dr.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik <i>Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Dielektrische optische Wellenleiter sind Schlüsselemente heutiger integrierter optischer/photonischer Schaltkreise. Dieser Kurs bietet eine Einführung zur theoretischen Behandlung und eine Grundlage für weitergehende Modellierung, Simulation und Design von Wellenleitern.</p> <p><i>Dielectric optical waveguides constitute key-elements of present-day integrated optical / photonic circuits. This course provides an introduction to their theoretical background, and, as such, a sound basis for further, more specific, modelling, simulation, and design work, as well as for experimental activities in the field.</i></p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photonik, integrierte Optik, dielektrische Wellenleiter: Beispiele, Motivation.</li> <li>• Kurze Wiederholung der benötigten mathematischen Hilfsmittel.</li> <li>• Maxwellgleichung in verschiedenen Formulierungen, Klassen von Problemen.</li> <li>• Normale Moden in dielektrischen optischen Wellenleitern, Orthogonalität, Vollständigkeit, Streumatrizen, reziproke Schaltkreise.</li> <li>• Beispiele für dielektrische optische Wellenleiter (Mehrschichtsysteme, integrierte optische Kanäle, Glasfasern), gebogene Wellenleiter, Whispering-Gallery Mo-</li> </ul>	

den.

- Coupled mode theory in konventioneller kodirektionaler, und hybrid analytischer/numerischer Variante, Störungstheorie für optische Wellenleiter.
- Optional: Behandlung von Randbedingungen, Anfangsbedingungen (Strahlpropagations-Methode), Wellenleiter-Diskontinuitäten (BEP/QUEP Simulationen), Photonische-Kristall-Wellenleiter und -Fasern, plasmonische Wellenleiter.
- *Photonics / integrated optics, dielectric waveguides: introductory examples, motivation.*
- *Brush up on mathematical tools.*
- *Maxwell equations, survey of different formulations; classes of simulation tasks.*
- *Normal modes of dielectric optical waveguides, orthogonality, completeness, scattering matrices, reciprocal circuits.*
- *Examples for dielectric optical waveguides (multilayer slabs, integrated optical channels, fibers), bent waveguides, whispering gallery resonances.*
- *Coupled mode theory, conventional codirectional, and hybrid analytical / numerical variant, perturbations of optical waveguides.*
- *Optional, brief remarks on: boundary conditions, initial value problems (beam propagation method), waveguide discontinuities (BEP/QUEP simulations), photonic crystal waveguides & fibers, plasmonic waveguides.*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

##### **Fachkompetenz / *Domain competence:***

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- die theoretischen Kernkonzepte der Integrierten Optik / Photonik, soweit in der Vorlesung behandelt, zu verstehen,
- die Bearbeitung entsprechender Fragestellungen aus diesen Gebieten ohne größere Anfangsschwierigkeiten in Angriff zu nehmen,
- theoretische wie auch experimentelle Ergebnisse aus diesen Gebieten einzuordnen und in gewissem Maße kritisch zu hinterfragen.

*After attending the course, the student will be able*

- *to understand the core concepts of integrated optics and photonics as considered in the lecture,*
- *to work on problems in this area,*
- *to evaluate theoretical and experimental results in the area.*

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications:***

Die Studierenden

- lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen (Elemente der Elektrotechnik, Physik und Mathematik werden angesprochen),
- erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben und der Vorstellung und Diskussion ihrer eigenen Lösungen,
- erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,
- erwerben weitere fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

*The students*

- *learn to transfer the acquired skills also to other disciplines*
- *extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the*

<p><i>context of solving the exercises</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>learn strategies to acquire knowledge from literature and internet</i></li> <li>• <i>acquire a specialised foreign language competence</i></li> </ul>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
<p>Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert; Übungen und Hausaufgaben vertiefen und ergänzen die Theorie.</p> <p><i>The theoretical concepts will be presented as a lecture. The methods presented will be practiced in exercises classes and by means of homework assignments.</i></p>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
<p>Grundlagen der Elektrodynamik (auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen"), Mathematische Grundlagen (Bachelor Niveau)</p> <p><i>Bachelor-level knowledge in electrodynamics and mathematics as taught in the course Fields&amp;Waves.</i></p>
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
Keine / None
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
Mündliche Prüfung / oral exam
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
Englisch / English
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>

### Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik

Modul / Module	<b>Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.24023
Koordinator / Coordinator	Sievers, Denis, Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / Time of attendance: 60h Selbststudium / Self-study: 120h Ges. Arbeitspensum / Total workload: 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>
Zeitmodus / Semester	Winter- und Sommersemester winter and summer semester
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	

Die Veranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik erweitert und vertieft das in der Pflichtveranstaltung Theoretische Elektrotechnik erworbene Wissen über die elektromagnetische Wellenausbreitung im Freiraum und auf Wellenleitern um ausgewählte Themengebiete. Aufbauend auf der Theorie längshomogener Wellenleiter werden die Systembeschreibung mittels Streuparameter sowie die Mode-Matching-Methode praktisch motiviert und wellentheoretisch behandelt. Ein weiterer thematischer Schwerpunkt bildet die Greensche-Methode zur mathematischen Lösung von Randwertproblemen, die ausführlich hergeleitet und auf elektromagnetische Feldprobleme angewandt wird.

#### Inhalt / Contents

Die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik gliedert sich wie folgt:

- Theorie der Eigenwellen und deren Anwendung in der Streuparametertheorie
  - Ez-Hz-Feldansatz für längshomogene Wellenleiterstrukturen
  - Systembeschreibung mittels Streumatrizen
  - Grundlagen der Mode-Matching-Methode
- Die Greensche Methode in der elektromagnetischen Feldtheorie
  - Greensche Funktionen und deren Bestimmung
  - Die Aperturfeldmethode in der Antennentheorie
  - Lösung physikalischer Feldprobleme mittels Greenscher Funktionen

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

##### **Fachkompetenz / Domain competence:**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- einfache elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu beschreiben (Modellbildung)
- eine geeignete analytische Lösungsmethode auszuwählen und anzuwenden (Lösung)
- die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu deuten (Interpretation)

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

- lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,
- erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen
- erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,
- erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz

#### Methodische Umsetzung / Implementation

Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die daneben aber auch einen großen Anteil an Feldvisualisierungen enthält. In den Übungen wird die Theorie anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden.

#### Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites

Vorkenntnisse aus dem Pflichtmodul Theoretische Elektrotechnik

#### Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules

Keine / None

#### Prüfungsmodalitäten / Assessments

Mündliche Prüfung / <i>oral exam</i>
Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
Deutsch / <i>German</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>
Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

### III.3.4 Mikroelektronik

Katalogname <i>Name of catalogue</i>	Mikroelektronik <i>Micro Electronics</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	v1 M.048.2500, M.048.2550 v2 M.048.2501, M.048.2502, M.048.2551, M.048.2552
Lehrveranstaltungen im Katalog <i>Courses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation</li> <li>• RFID-Funketiketten Aufbau und Funktion</li> <li>• Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</li> <li>• Analoge CMOS- Schaltkreise</li> <li>• Advanced VLSI Design</li> <li>• Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip</li> </ul>
Semester	2.-4. / 2 <sup>nd</sup> -4 <sup>th</sup> semester of master course
Modulart <i>Module type</i>	
Katalogbetreuer <i>Catalogue advisor</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch oder Englisch je nach Kurs / <i>German or English, depending on courses</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesung und Übung <i>Lecture combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U 2L / 2Ex
Kreditpunkte / Credits ECTS	6 pro Veranstaltung / 6 per course
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Die Veranstaltungen des Katalogs vermitteln vertiefende Kenntnisse über die Entwicklung, die Simulation und den Entwurf integrierter Mikrosysteme und liefern den erfolgreich Studierenden die im Berufsfeld der Halbleitertechnik geforderten Kenntnisse zum Schaltungsentwurf und zur Entwicklung und

	Herstellung von Mikrosystemen. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur problemorientierten Auswahl geeigneter Modelle zur Veranschaulichung und Simulation und die Fähigkeit zur Beurteilung logischer Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessteilen.
Prüfungsmodalitäten Assessments	1 mündliche Prüfung oder 1 Referat <i>1 oral or 1 seminar paper</i>

### Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation

Modul / Module	<b>Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation</b> <b><i>Integrated Circuits for Wireless Communications</i></b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.25017, L.048.92028
Koordinator / Coordinator	Scheytt, J. Christoph, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Fachgebiet Schaltungstechnik <i>Circuit and System Technology</i>
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/integrierte-schaltungen-fuer-die-drahtlose-kommunikation/">https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/integrierte-schaltungen-fuer-die-drahtlose-kommunikation/</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i>	
<p>Mobilkommunikation, drahtlose Netzwerke und die RFID-Technik sind beispielhafte Anwendungen der Funkkommunikation, die Eingang in den Alltag gefunden haben und auch in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden.</p> <p>Der Entwurf von elektronischen Schaltungen für hohe Frequenzen erfordert ein gutes Systemverständnis im Hinblick auf die typischen Sende-/Empfangsarchitekturen für die Funkkommunikation, deren Komponenten und Signaleigenschaften. Überdies ist ein gutes Verständnis des Schaltungsentwurfs integrierter Schaltungen und eine genaue Höchstfrequenz-Modellierung von passiven und aktiven Bauelementen notwendig.</p> <p>Ziel der Vorlesung ist es, ein Verständnis des methodischen Entwurfs integrierter, elektronischer Schaltungen für die drahtlose Kommunikation zu vermitteln. Ein Teil der Übungen wird selbständig in</p>	

Teamarbeit als CAD-Übung unter Nutzung moderner Chip-Entwurfssoftware durchgeführt.

*Mobile communications, wireless networks, and RFID technology are application examples of wireless communications. Wireless communications has found widespread use in everyday life and will become even more important in the future.*

*The design of electronic circuits for radio frequencies requires a good system knowledge with respect to typical transmitter and receiver architectures in wireless communications, components, and radio signal properties. Furthermore a thorough understanding of integrated circuit design as well as precise high-frequency modeling of passive and active devices are required.*

*Goal of the lecture is to convey a methodical approach to the design of integrated circuits for wireless communications. A part of the exercises will pertain to calculation of circuit design problems another will be performed in small teams as a hands-on exercise using modern IC design software.*

#### Inhalt / Contents

Die Vorlesung vermittelt den methodischen Entwurf von integrierten Schaltungen für die drahtlose Kommunikation. Ein Teil der Übungen wird als CAD-Übung unter Nutzung moderner Chip-Entwurfssoftware durchgeführt. Die Vorlesung baut auf die Pflichtvorlesung "Schaltungstechnik" bzw. "Circuit and System Design" auf.

Die folgenden Themen werden behandelt:

- Sende-/Empfangs-Architekturen f. die drahtlose Kommunikation
- Systemtheoretische Grundlagen
  - Signale und Rauschen
  - Modulation und Demodulation
  - Übertragungsverhalten von Funksystemen
- Halbleitertechnologien und integrierte HF-Bauelemente
- Verstärker (low-noise amplifier, variable gain amplifier, power amplifier)
- Mischer
- Oszillatoren
- Frequenzsynthesizer-PLLs

*The lecture deals with analysis and design of radio frequency integrated circuits for wireless communication systems. A part of the exercises will be performed using modern chip design CAD tools. The lecture is based on the compulsory lectures "Schaltungstechnik" resp. "Circuit and System Design".*

*The following topics will be addressed:*

- *Transmitter and receiver architectures for wireless communications*
- *System Theory Basics*
  - *Signals and noise*
  - *Modulation and demodulation*
  - *Transmission properties of wireless communications systems*
- *Semiconductor technologies and integrated high-frequency devices*
- *Amplifiers (low-noise and variable-gain amplifiers)*
- *Mixers*
- *Oscillators*
- *Frequency synthesizer PLLs*

<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>
<p>Die Studierenden sind nach Besuch der Vorlesung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Architekturen und Schaltungen von drahtlosen Kommunikationssystemen zu beschreiben</li> <li>• wesentliche Übertragungseigenschaften von Funksystemen zu beschreiben und zu berechnen</li> <li>• Entwurfsmethoden anzuwenden, um integrierte Schaltungskomponenten für Funk-systeme zu entwerfen</li> </ul> <p><i>The students will be able</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to describe architectures and circuits of wireless communication systems</i></li> <li>• <i>to describe and calculate fundamental signal transmission properties of wireless systems</i></li> <li>• <i>to apply design methods to design components of radio frequency ICs</i></li> </ul>
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Powerpoint-Präsentation und handschriftlichen Herleitungen auf Tablet und Beamer</li> <li>• Übung zum Teil als handschriftliche Rechenübung mit Tablet und Beamer, zum Teil als Praxisübung mit IC-Entwurf mittels moderner Chip-Entwurfsoftware</li> <li>• <i>Lecture with Powerpoint presentation and handwritten mathematical derivations using tablet and beamer</i></li> <li>• <i>Exercises partly as handwritten calculation exercises using tablet and beamer and partly as practical IC design exercises using modern IC design software</i></li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i></b>
Vorlesung Schaltungstechnik bzw. Circuit and System Design
<i>Lecture Schaltungstechnik rsp. Circuit and System Design</i>
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i></b>
Mündliche Prüfung / <i>oral exam</i>
<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b>
Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i></b>
<p>Folien zur Vorlesungen und Übung werden über PAUL zur Verfügung gestellt.</p> <p><i>Lecture and exercise slides will be made available through PAUL system.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Behzad Razavi "RF Microelectronics", Prentice Hall, 2011</li> <li>• Thomas Lee "The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits", Cambridge University Press 2003</li> </ul>
<b>Bemerkungen / <i>Comments</i></b>

## RFID-Funketiketten Aufbau und Funktion

Modul / <i>Module</i>	<b>RFID-Funketiketten</b> <b><i>RFID transponders</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.25011
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Fachgebiet Sensorik <i>Sensor Technology Group</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Die Lehrveranstaltung „RFID-Funketiketten“ behandelt die physikalischen sowie datentechnischen Grundlagen der RFID-Technik. Ausgehend von physikalischen Prinzipien drahtloser Energie- und Datenübertragung werden die grundlegende Konzepte der Datenträger und Lesegeräte erläutert. Verschiedene Codierungen und Modulationsarten, die in verschiedenen Frequenzbereichen eingesetzt werden, werden ausführlich besprochen. Besonderer Wert wird auf der Datenintegrität und Sicherheit von RFID-Systemen gelegt.</p> <p><i>The course “RFID transponders” focuses on the physical and technical aspects of the RFID technology. Starting from physical principles of wireless data transfer, the basic concept of data carrier, transponders and reader device will be explained. Additionally different aspects of data integrity and data safety of RFID systems are explained.</i></p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterscheidungsmerkmale von RFID Systemen</li> <li>• Grundlegende Funktionsweise</li> <li>• Codierung und Modulation</li> <li>• Datenintegrität</li> <li>• Sicherheit</li> <li>• Lesegeräte</li> <li>• Herstellung von Transpondern</li> </ul> <p><i>In detail the following topics are covered:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Differentiating factors of RFID systems</i></li> <li>• <i>Basics of functionality</i></li> <li>• <i>Coding and modulation</i></li> </ul>	

- *Data integrity*
- *Data safety*
- *Design of RFID readers*
- *Fabrication of transponders*

#### Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

##### **Fachkompetenz / *Domain competence:***

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- die wichtigsten Komponenten eines RFID Systems zu nennen und deren Funktionsweise zu beschreiben
- die Lesereichweite für verschiedenen Sendeleistungen und Trägerfrequenzen eines RFID Systems zu berechnen
- die Parameter einer Antenne für eine vorgegebene Lesereichweite zu berechnen
- passende Techniken von Datenintegrität bei der drahtlosen Datenübertragung zu erläutern
- Vorteile und Nachteile verschiedenen Codierungen und Modulationsarten zu beschreiben

*After attending the course, the students will be able*

- *to describe the important components of RFID systems and their functionality*
- *to calculate the reading distance for different transmit power and carrier frequencies of RFID systems*
- *to calculate the physical parameters of the antenna for specified read distance*
- *to describe suitable technique for data integrity of RFID systems*
- *to explain advantages and limitations of different coding and modulation*

##### **Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications:***

Die Studierenden können

- die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen,
- ihre Lösungen den anderen Teilnehmern präsentieren und
- die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.

*The students*

- *are able to apply the practiced strategies for problem solving across varying disciplines,*
- *have experience in presenting their solutions to their fellow students, and*
- *know how to improve their competences by private study.*

#### Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung mit Projektor und Tafel
- Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer
- *Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard*
- *Exercises based on exercise sheets with students presenting their own solutions*

#### Inhaltliche Voraussetzungen / *Prerequisites*

Werkstoffe der Elektrotechnik
Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i>
Keine / <i>None</i>
Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i>
Mündliche Prüfung / <i>oral exam</i>
Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
Deutsch / <i>German</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>
Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klaus Finkenzeller: RFID Handbuch</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite</li> </ul>
<i>Additional links to books and other material available at the webpage</i>

### Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits

Modul / <i>Module</i>	<b>Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</b> <b><i>Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.25020
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Dr. Hassan Ghasemzadeh Mohammadi
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Technische Informatik (EIM-I) <i>Computer Engineering (EIM-I)</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 1 Ü 2 L / 1 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 45h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 135h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="#">TBD</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<i>The course provides the most remarkable features of digital synthesis, and explains the details of transforming hardware description languages into circuit descriptions. Besides, the major techniques for logic optimization are discussed, and then the efficient use of current design tools are exercised in practical sessions.</i>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	

<i>Hardware modeling languages</i>
<i>High-level synthesis and optimization methods (i.e., scheduling and binding)</i>
<i>Logic representation and optimization of two-level logic functions</i>
<i>Data structures for logic synthesis (Binary decision diagrams)</i>
<i>Representation and optimization of multiple-level logic networks (Algebraic methods, controllability and observability computation, and timing verification)</i>
<i>Modeling and optimization of sequential logic networks (Retiming)</i>
<i>Libraries and binding</i>
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>
<i>After attending this course, the students are able to:</i>
<i>Select among the available optimization methods in design of a digital circuit</i>
<i>Identify major problems in design of integrated circuits and recognize circuit design tradeoffs</i>
<i>Examine current digital design tools and methods (e.g., Synopsys Design Compiler for ASIC, and ISE Xilinx for FPGA Implementation)</i>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>
<i>Principle logic design</i>
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>
<i>Schriftliche Prüfung / written exam</i>
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
<i>Englisch / English</i>
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
<i>Micheli, Giovanni De. Synthesis and optimization of digital circuits. McGraw-Hill Higher Education, 1994.</i>

## Analoge CMOS-Schaltkreise

<b>Modul / Module</b>	<b>Analoge CMOS-Schaltkreise Analog CMOS ICs</b>
<b>Veranstaltungsnummer / Course ID</b>	L.048.25008, L.048.92015
<b>Koordinator / Coordinator</b>	Thiede, Andreas Prof. Dr.-Ing.
<b>Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit</b>	Höchstfrequenzelektronik High Frequency Electronics

Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 60h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse zur analogen Transistorschaltungstechnik mit besonderem Bezug zur CMOS-Technologie.</p> <p><i>The course provides basic knowledge on analogue circuit technology with particular regard to complementary MOS transistors.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Auf der Grundlage der vereinfachten sowie der erweiterten Kennlinientheorie des MOS-Transistors werden analoge Verstärkerschaltungen vorgestellt und zunächst hinsichtlich des Gleichstromverhaltens analysiert. Anschließend werden das Frequenzverhalten, das Rauschen, die Wirkung von Rückkopplungen, die Stabilität, die Nichtlinearität sowie die Auswirkungen fertigungstechnisch bedingter Asymmetrien betrachtet. Als weitere Schaltungen werden Oszillatoren, Referenzspannungsquellen und geschaltete Kapazitäten diskutiert. Die Lehrveranstaltung schließt mit Betrachtungen zur Modellierung und zum Layout der grundlegenden Bauelemente.</p> <p><i>Based on simplified as well as advanced current-voltage characteristics of MOS transistors, analogue amplifier circuits are introduced and analyzed with respect of its DC behavior. Next, frequency performance, noise, effects of feed-backs, stability, non-linearity, and impacts of fabrication related asymmetries are considered. Further circuits such as oscillators, reference voltage sources, and switched capacitors are discussed. The course concludes with remarks on modeling and layout issues of basic devices.</i></p>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>	
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Verhalten von analogen Schaltungen mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren</li> <li>• und das so erworbene Wissen kreativ beim Schaltungsentwurf einzusetzen.</li> </ul> <p><i>After attending the course, the students will be able to</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>analyse the characteristics of analogue circuits using scientific methods</i></li> <li>• <i>and can make creative use of the acquired knowledge in the circuit design process.</i></li> </ul>	
<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,</li> </ul>	

- festigen erworbenes Grundlagenwissen durch Übung,
- entwickeln so ihre kreativen Fähigkeiten weiter
- und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

*The students*

- *make use of methodic knowledge for systematic problem analysis,*
- *consolidate their basic knowledge by practical training,*
- *enhance their creative abilities,*
- *and gain foreign language competences related to the field.*

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,
- Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters erarbeiten.
- *Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies,*
- *Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher.*

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie und Systemtheorie.

*Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electrical Engineering, Materials of Electrical Engineering, Semiconductor Devices, Signal Theory, System Theory.*

**Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Keine / None

**Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Mündliche Prüfung / oral exam

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / German or English (depending on demand)

**Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Vorlesungsskript Universität Paderborn

*A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Lecture Script University Paderborn*

- Razavi, B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw Hill. 2001

Advanced VLSI Design

Modul / Module	<b>Advanced VLSI Design</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.25021, L.048.92043

Koordinator / <i>Coordinator</i>	Müller, Wolfgang, Dr.rer.nat.
Lehr- und For- schungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Schaltungstechnik <i>System and Circuit Technology</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/advanced-vlsi-design">www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/advanced-vlsi-design</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / <i>Short Description</i></b>	
<p>Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über die moderne anwendungsorientierte Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese digitaler Systeme auf verschiedenen Abstraktionsebenen bis hin zum Chip-Layout.</p> <p><i>The course provides basic knowledge about the modern application-oriented modeling, simulation, analysis, and synthesis of digital systems at different abstraction levels to chip layout.</i></p>	
<b>Inhalt / <i>Contents</i></b>	
<p>Der Chipentwurf besteht in der heutigen Praxis aus der kombinierten Anwendung verschiedener Sprachen, Methoden und Werkzeuge zur Modellierung, Simulation und Synthese elektronischer Schaltungen. Entlang des modernen abstraktionsebenenbasierten Entwurfsflusses digitaler Systeme (Elektronische System Ebene bis hin zum Chiplayout) vermittelt die Veranstaltung grundlegendes Wissen der wesentlichen Beschreibungssprachen und ihrer Anwendung in Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese. Dies umfasst Grundprinzipien und Anwendung der IEEE Standard-System/Hardwarebeschreibungssprachen SystemVerilog, SystemC, Verilog und VHDL in Verbindung mit zusätzlichen Formaten wie z.B. SDF und UPF zur Annotation des Zeit- und Leistungsverhaltens. In der Anwendung werden die wesentlichen Prinzipien von Testumgebungen zur Simulation, der Zeit- und Leistungsanalyse, der Logiksynthese und des physikalischen Entwurfs digitaler Schaltungen. Die Übungen begleiten die Veranstaltung unter Verwendung kommerzieller Werkzeuge von Mentor Graphics, Synopsys und Cadence Design Systems.</p> <p><i>In today's practice, chip design consists of the combined application of various languages, methods, and tools for the modeling, simulation, and synthesis of electronic circuits. Along the modern abstraction-based design flow of digital systems (electronic system level to chip layout), the course provides basic knowledge of the main description languages and their application in modeling, simulation, analysis and synthesis. This includes basic principles and application of the IEEE standard system/hardware description languages SystemVerilog, SystemC, Verilog, and VHDL, in conjunction with additional formats, e.g., SDF and UPF for time and power annotation. For their application, the fundamental principles of test environments for simulation, timing and power analysis, logic synthesis and physical design of digital circuits. Exercises will provide hands-on labs based on commercial tools from Mentor Graphics, Synopsys and, Cadence Design Systems.</i></p>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>	
<b>Fachkompetenz / <i>Domain competence:</i></b>	
<p>Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache digitale Schaltungen auf verschiedenen Abstraktionsebenen zu modellieren,</li> </ul>	

- zu simulieren, zu analysieren und zu synthetisieren und die wichtigsten kommerziellen Werkzeuge in der Simulation, Analyse und Synthese digitaler Schaltungen anzuwenden.

*After the course students are able*

- *to model, simulate, analyze and synthesize simple digital circuits at different abstraction levels and*
- *to apply the most important commercial tools for simulation, analysis and synthesis of digital circuits.*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden sind nach Besuch der Veranstaltung in der Lage

- moderne Sprachen zur Beschreibung digitaler Schaltungen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit für die verschiedenen Anwendungen zu beurteilen, auszuwählen und anzuwenden und
- die verschiedenen Methoden und Werkzeuge im modernen VLSI-Entwurf anzuwenden.

*After the course students are able*

- *to assess, select and apply modern digital circuit description languages for their different applications,*
- *apply the different methods and tools in the modern VLSI design.*

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesung mit Beamer und White-Board
- Übungen mit Übungsblättern am Computer
- *Lecture with LCD projector and white board*
- *Exercises with assignments and hands-on labs*

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Grundlagen der Digitaltechnik / Grundlagen des VLSI-Entwurfs

*Fundamentals of Digital Circuits / Fundamentals of VLSI Design*

Kombinationshinweise - Überschneidungen / *Related and overlapping modules*

Keine / *None*

**Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Mündliche Prüfung / *oral exam*

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Englisch / *English*

**Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

- Vorlesungsfolien und Übungsblätter werden über PAUL zur Verfügung gestellt
- IEEE Standard-Referenzhandbücher: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497
- Einzelliteratur zu einzelnen Lehreinheiten
- *Lecture notes and exercise sheets will be provided via PAUL*

- IEEE standard reference manuals: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497
- Specific references for individual teaching units

## Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip

Modul / Module	<b>Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.25016, L.048.92007
Koordinator / Coordinator	Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Fachgebiet Datentechnik Computer Engineering Group
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / Time of attendance: 45h Selbststudium / Self-study: 135h Ges. Arbeitspensum / Total workload: 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://www.date.uni-paderborn.de/lehre/lehveranstaltungen/">http://www.date.uni-paderborn.de/lehre/lehveranstaltungen/</a>
Zeitmodus / Semester	Winter- und Sommersemester winter and summer semester
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Lehrveranstaltung "Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip" befasst sich mit aktuellen Ansätzen zum Test und zur Diagnose von integrierten Systemen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Algorithmen und Werkzeugen zur rechnergestützten Vorbereitung und Durchführung von Test und Diagnose.</p> <p><i>The course "Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip" deals with advanced topics in test and diagnosis of integrated systems. The focus is on algorithms and tools for computer-aided preparation and application of test and diagnosis procedures.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Unter anderem werden die folgenden Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezielle Verfahren für den eingebauten Selbsttest und für den eingebetteten Test</li> <li>• Eingebaute Diagnose</li> <li>• Test robuster und selbstadaptiver Systeme</li> <li>• Adaptives Testen</li> </ul> <p><i>Topics include but are not restricted to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Advanced techniques for built-in self-test and embedded test</i></li> <li>• <i>Built-in diagnosis</i></li> <li>• <i>Test of robust and self-adaptive systems</i></li> <li>• <i>Adaptive Testing</i></li> </ul>	

**Fachkompetenz / Domain competence:**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- ausgewählte aktuelle Ansätze aus dem Bereich Test und Diagnose zu beschreiben,
- die grundlegenden Modelle und Algorithmen dafür zu erklären und anzuwenden, sowie
- die speziellen Herausforderungen bei Fertigungstechnologien im Nanometerbereich zu erklären und Teststrategien im Hinblick darauf zu bewerten.

*After attending the course, the students will be able*

- *to describe recent approaches in test and diagnosis,*
- *to explain and apply the underlying models and algorithms,*
- *to explain the specific challenges of nanoscale integration and evaluate test strategies accordingly.*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden können

- vorhandenes Grundlagenwissen zur selbständigen Erarbeitung neuer Inhalte einsetzen,
- die erarbeiteten neuen Inhalte in einem Fachvortrag präsentieren und
- die erarbeiteten neuen Inhalte in einer schriftlichen Ausarbeitung nach den Richtlinien wissenschaftlicher Fachartikel beschreiben.

*The students are able*

- *to apply their basic knowledge for studying and understanding new approaches from the state of the art literature,*
- *to present the new contents in a conference style presentation, and*
- *to describe the new contents in a scientific manuscript.*

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesung mit Beamer und Tafel
- Selbstständige Ausarbeitung neuer Inhalte anhand aktueller Literatur
- Präsentation der neuen Inhalte im Rahmen eines Fachvortrags und
- Schriftliche Ausarbeitung
- *Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard*
- *Self-study on recent approaches based on recent conference and journal publications*
- *Oral presentation*
- *Manuscript*

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Grundlagen der Technischen Informatik

*Introduction to Computer Engineering*

**Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Kenntnisse aus der LV „Test hochintegrierter Schaltungen“ sind vorteilhaft aber nicht notwendig.

<i>The course "VLSI Testing" is recommend as a prerequisite but not necessary.</i>	
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>	
1 Referat (Ausarbeitung und Vortrag)	
<i>1 seminar paper (Manuscript and oral presentation)</i>	
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>	
Englisch / <i>English</i>	
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs</li> <li>• <i>Lecture slides</i></li> <li>• <i>Additional material can be found in koala</i></li> <li>• Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Kluwer Academic Publishers,2000</li> <li>• Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability,“ Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975</li> <li>• Artikel aus Fachzeitschriften und Konferenzbänden / Articles from Journals and Conference Proceedings (e.g. IEEE Transactions on Computers, IEEE Transactions on CAD of Integrated Circuits and Systems, IEEE International Test Conference, etc.)</li> </ul>	

### III.3.5 Optoelektronik

<b>Kataloname <i>Name of catalogue</i></b>	<b>Optoelektronik <i>Optoelectronics</i></b>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	v1 M.048.2600, M.048.2660 v2 M.048.2601, M.048.2602, M.048.2661, M.048.2662
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Nachrichtentechnik B</li> <li>• Optische Nachrichtentechnik D</li> <li>• <i>Optical Communications B</i></li> <li>• <i>Optical Communications D</i></li> </ul>
Semester	Master-Studiengang <i>Master Course</i>
Modulart <i>Module type</i>	Wahlpflichtmodul <i>Election compulsory module</i>
Katalobetreuer <i>Catalogue advisor</i>	Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i> Englisch / <i>English</i>

Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Vorlesungen und Übungen <i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U je Lehrveranstaltung <i>2L / 2Ex per course</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	6 je Lehrveranstaltung
Lernziele <i>Learning objectives</i>	<p>Künftigen Ingenieurinnen und Ingenieuren der Elektrotechnik eröffnen sich nach erfolgreichem Studium des Moduls breite Betätigungsfelder mit enormer fachlicher Tiefe. Die vermittelten Theorien und Methoden der Feldtheorie, Wellen-Teilchen-Dualismus, Statistik, hochfrequenten Mikroelektronik und integrierten Optik machen die Absolventen einerseits zu gefragten Spezialisten, liefern aber auch das Rüstzeug für Arbeiten in vielen verwandten Gebieten wie z. B. der Nachrichtentechnik, allgemeinen Mikroelektronik und Sensorik.</p> <p><i>The successful study of this module opens wide fields of operation with enormous professional depth to future electronic engineers. The theory and methods of the field theory, the wave-particle dualism, statistics, ultra-high frequency microelectronics on one side make absolvents to demanded specialists, on the other side give knowledge equipment for related fields like communications technology, microelectronics and sensorics.</i></p>
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	1 mündliche Prüfung <i>1 oral exam</i>

### Optische Nachrichtentechnik B

Modul / <i>Module</i>	<b>Optical Communication B</b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.26004, L.048.92020
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Optoelektronik <i>Optoelectronics</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte /	6

Credits	
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester summer semester
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik B vermittelt Kenntnisse auf dem Gebiet der Modenkopplung in der Optischen Nachrichtentechnik und erklärt damit die Funktion vieler optischer Komponenten.</p> <p><i>The lecture Optical Communication B gives some knowledge about mode coupling in Optical Communication and explains the function of many optical components.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Modenkopplung (4 SWS, 6 Leistungspunkte): Polarisationsmodendispersion, Modenorthogonalität, konstante und periodische, ko- und kontradirektionale Modenkopplung, Profile differentieller Gruppenlaufzeit, elektrooptischer Effekt. Die Funktion vieler passiver und aktiver optischer Elemente wird so erklärt, u.a. Amplituden- und Phasenmodulatoren, breitbandige und wellenlängenselektive Kopp-ler, Bragg-Gitter, polarisationserhaltende Lichtwellenleiter, Polarisationstransformatoren, Entzerrer für Polarisationsmodendispersion und chromatische Dispersion.</p> <p><i>Mode Coupling (4 SWS, 6 ECTS credit points): Polarization mode dispersion, moden orthogonality, constant and periodic, co- and counterdirectional mode coupling, profiles of differential group delay, electrooptic effect. The function of many passive and active optical elements is thereby explained, among others amplitude and phase modulators, broadband and wavelength-selective couplers, Bragg gratings, polarization-maintaining fibers, polarization transformers, equalizers for polarization mode dispersion and chromatic dispersion.</i></p>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>	
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>	
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>	
Keine / None	
<b>Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules</b>	
Keine / None	
<b>Prüfungsmodalitäten / Assessments</b>	
Mündliche Prüfung / oral exam	
<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>	
Deutsch oder Englisch / German or English	
<b>Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>	
<p>Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):</p> <p><i>Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nach-schlagewerk) 2002</li> <li>• D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik</li> <li>• W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik</li> <li>• G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (um-fassend, viele Zwischenschritte fehlen)</li> <li>• K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992</li> <li>• H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg,</li> </ul>	

- 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

## Optische Nachrichtentechnik D

Modul / Module	<b>Optical Communication D</b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.26006, L.048.92022
Koordinator / Coordinator	Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Optoelektronik Optoelectronics
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik D vermittelt Kenntnisse über nichtlineare optische Verzerrungen in Lichtwellenleitern, elektronische Detektion linearer Verzerrungen, außerdem Polarisationsverwüfelung.</p> <p><i>The lecture Optical Communication D gives knowledge about nonlinear optical effects in waveguides, their electronical detection, furthermore polarization scrambling.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Ausgewählte Kapitel (4 SWS, 6 Leistungspunkte) in Optischer Nachrichtentechnik: Nichtlineare Verzerrungen in Lichtwellenleitern und ihre Polarisationsabhängigkeit, elektronische Detektion linearer optischer Verzerrungen, Polarisationsverwüfelung, ... . Nichtlineare Verzerrungen haben große Praxisbedeutung und sind schwierig zu beherrschen. Die Studenten sollten außerdem Themen ihrer Wahl vorbereiten und den anderen vortragen.</p> <p><i>Selected Topics (4 SWS, 6 ECTS credit points) in Optical Communication: Nonlinear distortions in glass fibers and their polarization dependence, electronic detection of linear optical distortions, polarization scrambling, ... . Nonlinear distortions are important in practice and difficult to handle. The students should also prepare topics of their choice and present them to the others.</i></p>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>	
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>	
<b>Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites</b>	

Keine / <i>None</i>
Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i>
Keine / <i>None</i>
Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i>
Mündliche Prüfung / <i>oral exam</i>
Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>
Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):  <i>Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002</li> <li>• D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik</li> <li>• W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik</li> <li>• G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)</li> <li>• K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992</li> <li>• H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)</li> <li>• Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)</li> <li>• R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag</li> </ul>

### III.3.6 Prozessdynamik

<b>Kataloname</b> <i>Name of catalogue</i>	<b>Prozessdynamik</b> <i>Process Dynamics</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	v1 M.048.2700, M.048.2770 v2 M.048.2701, M.048.2702, M.048.2771, M.048.2772
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Regelungstechnik</li> <li>• Mechatronik und elektrische Antriebe</li> <li>• Ultraschallmesstechnik</li> <li>• Advanced Control Methods for Mechatronics</li> </ul>
Semester	Master-Studiengang <i>Master Course</i>
Modulart <i>Module type</i>	Wahlpflichtmodul <i>Election compulsory module</i>
Katalobetreuer <i>Catalogue advisor</i>	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch / <i>German</i> Englisch / <i>English</i>
Organisationsform	Vorlesungen und Übungen

<i>Methodic implementation</i>	<i>Lectures combined with exercises</i>
Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i>	2V + 2U je Lehrveranstaltung <i>2L / 2Ex per course</i>
Kreditpunkte / Credits ECTS	6 je Lehrveranstaltung
Lernziele <i>Learning objectives</i>	Der Katalog Prozessdynamik bietet im Rahmen der automatisierungstechnischen Lehre eine Spezialisierung, die ausgerichtet ist auf die Erstellung von mathematischen Modellen für dynamische Prozesse und die Entwicklung und den Einsatz von Methoden sowohl für die Analyse der Dynamik als auch für den Entwurf von Regelungen. Aufgrund der Bedeutung einer repräsentativen Informationsgewinnung für die Beherrschung dynamischer Prozesse werden spezielle Messmethoden (akustische und optische) zur Bestimmung physikalischer und technischer Prozessgrößen sowie die Anwendung stochastischer Methoden zur Charakterisierung von Prozessinformationen behandelt. Die erfolgreich Studierenden sind in der Lage, die für die Bearbeitung einer konkreten automatisierungstechnischen Aufgabenstellung geeigneten Methoden auszuwählen bzw. zu entwickeln und die den einzelnen Methoden anhaftenden Grenzen ihrer Anwendbarkeit zu erkennen.
Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i>	1 mündliche Prüfung <i>1 oral exam</i>

### Höhere Regelungstechnik

Modul / <i>Module</i>	Höhere Regelungstechnik <i>Advanced Control</i>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.27001, L.048.92037
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Regelungs- und Automatisierungstechnik <i>Automatic Control</i>
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance:</i> 60h Selbststudium / <i>Self-study:</i> 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload:</i> 180h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://control.upb.de">http://control.upb.de</a>

Zeitmodus / Semester	Wintersemester <i>winter semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Aufbauend auf Systemtheorie und Regelungstechnik Kurse im Bachelor Studium befasst sich dieser Kurs mit dem Entwurf von zeitdiskreten Regelungssystemen im Frequenzbereich und im Zustandsraum. Der Kurs richtet sich in erster Linie an Studenten der Ingenieurwissenschaften, er kann aber auch für Studenten der Physik und anderer Naturwissenschaften von Nutzen sein.</p> <p><i>This course builds on undergraduate-level systems theory and automatic control courses and focuses on the design of discrete-time control systems, using transfer function and state space methods. The course is primarily intended to serve engineering students, but can also be useful to students in physics and other natural sciences.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abtastung von Systemen</li> <li>• Frequenzbasierte Analyse von linearen zeitinvarianten Regelungskreisen (Eingrößensysteme): Empfindlichkeitsfunktionen, Stabilität, Modellunbestimmtheiten und Robustheit</li> <li>• Reglerentwurf via Polvorgabe und Youlaparametrierung</li> <li>• Stellgrößenbegrenzung und Anti-Windup-Maßnahme</li> <li>• dynamische Programmierung</li> <li>• linear-quadratische Regelung</li> <li>• Kalmanfilter</li> <li>• modellprädiktive Regelung</li> <li>• <i>Discretisation of dynamical systems</i></li> <li>• <i>Analysis of linear time-invariant single input single output control loops using transfer function methods: Sensitivity functions, stability analysis, modelling errors and robustness,</i></li> <li>• <i>controller design via pole placement and Youla parameterisation</i></li> <li>• <i>Actuator constraints and anti-windup mechanism</i></li> <li>• <i>dynamic programming</i></li> <li>• <i>linear quadratic regulator</i></li> <li>• <i>Kalman filter</i></li> <li>• <i>model predictive control</i></li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>	
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das dynamische Verhalten von zeitdiskreten rückgekoppelten Systemen zu analysieren</li> <li>• geeignete Regeleinrichtungen zu entwerfen</li> </ul> <p><i>After attending this course, students will be able to</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>study the dynamics of discrete-time feedback systems</i></li> <li>• <i>design appropriate control systems</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden</p>	

- können die erworbenen Kenntnisse disziplinübergreifend einsetzen,
- können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse und Synthese einsetzen und
- sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

*Students learn*

- *to use systematic analysis and synthesis methods that can be used in a variety of disciplines, both in engineering and natural sciences*
- *precise methods based on abstractions that can be used to further independent learning.*

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit überwiegender Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Simulationen am Rechner
- *Lectures using blackboard and, at times, transparencies*
- *Tutorials with study guides and computer simulations*

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Bachelorlehrveranstaltungen zur Regelungstechnik und Systemtheorie werden vorausgesetzt-

*Undergraduate-level systems theory and automatic control*

**Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Keine / None

**Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Schriftliche Prüfung / *written exam*

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Englisch / *English*

**Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Der Kurs basiert sich auf ausgewählte Teile der angefügten Literaturliste. Dazu werden Skript und Übungsblätter bereitgestellt.

*The course uses a selection of material from the books included in the list below. In addition, lecture notes and study guides are provided.*

- K. J. Astrom and B. Wittenmark, Computer controlled systems. Theory and design. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, second ed., 1990.
- G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Control System Design. Prentice-Hall, 2001.
- J. B. Rawlings and D. Q. Mayne, Model Predictive Control: Theory and Design. Madison, WI: Nob Hill Publishing, 2009.
- B. D. O. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1979.
- K. J. Astrom, Introduction to Stochastic Control Theory. New York, N.Y.: Academic Press, 1970.

## Mechatronik und elektrische Antriebe

Modul / Module	<b>Mechatronik und elektrische Antriebe</b> <b><i>Mechatronics and Electrical Drives</i></b>
Veranstaltungsnummer / Course ID	L.048.27006, L.048.92003
Koordinator / Coordinator	Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / Teaching Unit	Fachgebiet Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik <i>Power Electronics and Electrical Drives</i>
Typ / Type	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 60h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Der Kurs erklärt und definiert zunächst den Begriff der Mechatronik als interdisziplinäres Gebiet zwischen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informationstechnik und zeigt verschiedene Anwendungsbeispiele. Als ein typisches mechatronisches Beispiel wird das Magnetlager ausführlich behandelt. Methodisch wird dabei mit Energieprinzipien gearbeitet. Als weitere mechatronische Beispiele werden der geschaltete Reluktanzmotor und der elektronisch kommutierten Gleichstrommotor besprochen.</p> <p><i>The course first explains and defines the term mechatronics as interdisciplinary area between electrical and mechanical engineering and information technology. Various application examples are shown. As a typical example, the magnetic bearing is comprehensively discussed. As a method, energy principles are applied. Further mechatronic examples address the switched reluctance motor and the electronically commutated DC motor.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung und Definition mechatronischer Systeme (Mechanik, Elektrotechnik, Informationstechnik)</li> <li>• Grundstruktur mechatronischer Systeme (Energie-, Material-, Informationsflüsse, Regelkreis)</li> <li>• Modellierung mit Hilfe von Energieprinzipien (innere Energie, Ergänzungsenergie)</li> <li>• Modellierung und Berechnung von magnetischen Kreisen (Felder, Reluktanz, Induktivität, Fluss, Durchflutung)</li> <li>• Ferromagnetische und permanentmagnetische Materialien (Magnetisierungskennlinie, Hysterese, Magnetisierungsverluste)</li> <li>• Modellierung und Regelung eines mechatronischen Systems am Beispiel eines Magnetlagers</li> <li>• Switched-Reluctance-Motor</li> <li>• Gleichstrommotor</li> <li>• Elektronisch kommutierter Gleichstrommotor</li>   <li>• <i>Introduction and definition of mechatronic systems</i></li> <li>• <i>Basic structure of mechatronic systems (flow of energy, material and information,</i></li> </ul>	

<p><i>control loop)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Modeling based on energy principles (internal energy, co-energy)</i></li> <li>• <i>Modeling and computation of magnetic circuits (field, reluctance, inductance, flux, MMF)</i></li> <li>• <i>Ferromagnetic and permanent magnet materials</i></li> <li>• <i>Modeling and control of a mechatronic system taking a magnetic bearing as an example</i></li> <li>• <i>Switched reluctance motor</i></li> <li>• <i>DC motor</i></li> <li>• <i>Brushless DC motor (characteristics, structure, modeling, power electronics, control)</i></li> </ul>
<p>Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></p>
<p><b>Fachkompetenz / <i>Domain competence:</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Verständnis von mechatronischen Systemen als das Zusammenwirken von elektro-magnetischen, mechanischen und informationsverarbeitenden Komponenten</i></li> <li>• <i>Systemmodellierung auf der Basis von Energieprinzipien</i></li> <li>• <i>Understanding of mechatronic systems as interacting electromagnetic, mechanic and information processing components</i></li> <li>• <i>System modeling based on energy principles</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / <i>Key qualifications:</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Übertragung bekannter Prinzipien in andere Fachdisziplinen</i></li> <li>• <i>Erweiterung des Abstraktionsvermögens</i></li> <li>• <i>Funktionale Sichtweise</i></li> <li>• <i>Application of known principles in different disciplines</i></li> <li>• <i>Extension of the ability to abstract</i></li> <li>• <i>Functional reflection</i></li> </ul>
<p>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></p>
<p>Ein Teil der Übungen wird als Rechnerübungen angeboten.</p> <p><i>Parts of the course are organized as computer-based exercises.</i></p>
<p>Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i></p>
<p>Bachelor-Kurs über die Grundlagen elektrischer Antriebe</p> <p><i>Bachelor's course on basics of electrical drives</i></p>
<p>Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p>Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i></p>
<p>Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters besprochen</p> <p><i>Form of exam will be presented at the start of the course</i></p>
<p>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></p>
<p>Englisch / <i>English</i></p>
<p>Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i></p>
<p>Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt ge-</p>

geben.

*Lecture notes, slides. Other literature will be given in the lecture.*

**Bemerkungen / Comments**

Sie Veranstaltung wird voraussichtlich erst wieder im SS2016 angeboten.

*The course will presumably take place again in SS2016.*

## Ultraschallmesstechnik

<b>Modul / Module</b>	<b>Ultraschallmesstechnik <i>Ultrasonic measurement technology</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.27015
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Elektrische Messtechnik
Typ / <i>Type</i>	2 V / 2 Ü 2 L / 2 E
Arbeitspensum / <i>Workload</i>	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 0h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 0h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 0h
Leistungspunkte / <i>Credits</i>	6
Modulseite / <i>Module Homepage</i>	<a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
Zeitmodus / <i>Semester</i>	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
Die Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik beschäftigt sich mit den Phänomenen der Ausbreitung mechanischer Wellen in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen. Darauf aufbauend werden die wichtigsten akustischen Messprinzipien zur Bestimmung akustischer Stoffkenngrößen, geometrischer und technischer Prozessgrößen sowie deren Anwendung in der Prozess- und Fertigungstechnik beschrieben. Die Anwendung von Schall und Ultraschall für die zerstörungsfreie Werkstoffdiagnostik sowie für die Ultraschall-Tomografie werden detailliert behandelt.	
<b>Inhalt / Contents</b>	
Die Vorlesung Ultraschallmesstechnik behandelt folgende Themen: <ul style="list-style-type: none"><li>• Akustische und Schallfeldkenngrößen</li><li>• Grundlagen der Wellenausbreitung</li><li>• Ultraschallsensordesign (experimentelle Realisierung)</li><li>• Methoden zur Messung und Visualisierung von Ultraschallfeldern (Nadel- und Membranhydrophon, Schlierenmessplatz, Laservibrometrie...)</li><li>• Messtechnische Methoden zur akustischen Materialdatenbestimmung (Schallgeschwindigkeit, Schallkennimpedanz...)</li><li>• Anwendung von Ultraschall zur Zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (NDT) und Schallemissionsanalyse</li><li>• Anwendung von Ultraschall und in der Prozessmesstechnik (Abstand, Durchfluss,</li></ul>	

Füllstand...)
Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i>
<p><b>Fachkompetenz / <i>Domain competence</i>:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultraschall einzusetzen, um akustische und nicht akustische Größen damit zu bestimmen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / <i>Key qualifications</i>:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,</li> <li>• können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,</li> <li>• sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li> </ul>
Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Praktische Arbeit in Gruppen mittels Messtechnik im Labor</li> </ul>
Inhaltliche Voraussetzungen / <i>Prerequisites</i>
Keine / <i>None</i>
Kombinationshinweise - Überschneidungen / <i>Related and overlapping modules</i>
Prüfungsmodalitäten / <i>Assessments</i>
Mündliche Prüfung / <i>oral exam</i>
Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
Deutsch / <i>German</i>
Lehrmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i>
Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

### Advanced Control Methods for Mechatronics

Modul / <i>Module</i>	<b>Fortgeschrittene regelungstechnische Verfahren in der Mechatronik</b> <b><i>Advanced Control Methods for Mechatronics</i></b>
Veranstaltungsnummer / <i>Course ID</i>	L.048.27024, L.048.92039
Koordinator / <i>Coordinator</i>	Dr. Burak Demirel
Lehr- und Forschungseinheit / <i>Teaching Unit</i>	Regelungs- und Automatisierungstechnik <i>Automatic Control Group</i>

Typ / Type	V / Ü L / E
Arbeitspensum / Workload	Präsenzphasen / <i>Time of attendance</i> : 60h Selbststudium / <i>Self-study</i> : 120h Ges. Arbeitspensum / <i>Total workload</i> : 180h
Leistungspunkte / Credits	6
Modulseite / Module Homepage	<a href="http://controlsystems.upb.de">http://controlsystems.upb.de</a>
Zeitmodus / Semester	Sommersemester <i>summer semester</i>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>	
<p>Der Schwerpunkt der Veranstaltung liegt im fortgeschrittenen Reglerentwurf für geschlossene Regelkreise unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und exogenen Störungen. Es werden sowohl zeitkontinuierliche als auch diskrete Analyse- und Entwurfsverfahren behandelt. Die behandelten Themengebiete umfassen parametrische robuste Regelung, optimale Steuerung, Seriensteuerung und iterative Lernalgorithmen. Anwendungsbereiche in der Mechatronik, wie Regelsysteme in der Fahrzeugtechnik, Hochpräzisions-Trackingsysteme und Rasterkraftmikroskopie, werden ebenfalls berücksichtigt. Die Übungen finden unter Verwendung von MATLAB/Simulink statt.</p> <p><i>This course focuses on advanced design for closed-loop linear control systems under model uncertainty and exogenous disturbances. In the course, both continuous- and discrete-time analysis and design techniques are treated. Topics include parametric robust control, optimal control, repetitive control and iterative learning algorithms. Mechatronic applications, including vehicle control systems, high-precision tracking systems, and atomic force microscope, will be considered. Students complement analytical treatment with exercises using MATLAB and Simulink.</i></p>	
<b>Inhalt / Contents</b>	
<p>Wesentliche Inhalte der Vorlesung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematischer Entwurf von SISO LTI Reglern anhand von Frequenzvorgaben</li> <li>• Entwurf von Regelungssystemen mit parametrischen Modellunsicherheiten</li> <li>• Robuste LQ-Regelungen mit Ausgangsrückführung</li> <li>• Entwurf der Regelungsstruktur</li> <li>• Entwurf eines Beobachters für Störungen</li> <li>• Repetitive Regelungen und iteratives Lernen</li> </ul> <p><i>The following topics are considered:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Systematic design of SISO LTI controllers using frequency domain specifications</i></li> <li>• <i>Parametric robust control design</i></li> <li>• <i>Robust LQ control with loop transfer recovery</i></li> <li>• <i>Control architectures with preview</i></li> <li>• <i>Disturbance observer design</i></li> <li>• <i>Repetitive control and learning algorithms</i></li> </ul>	
<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>	
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Durch die Vorlesung eignen sich Teilnehmer Wissen an über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Grundlagen parametrischer robuster Regelung</li> <li>• die Grundlagen robuster optimaler Steuerung</li> </ul>	

- die Grundlagen von Hochpräzisionssteuerungen
- die Anwendung regelungstechnischer Algorithmen auf mechatronische Systeme

*After finishing the course, the attendants will*

- *know the basics of parametric robust control*
- *know the fundamentals of robust optimal control*
- *know the basics of high precision control*
- *know how to apply control algorithms to mechatronic systems*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Teilnehmer lernen

- systematische Analyse- und Synthesemethoden, welche auf mechatronische Problemstellungen angewandt werden können
- konkrete Methoden, die auf anderer Abstraktionsebene für weiteres selbständiges Lernen geeignet sind

*The attendants will learn*

- *to use systematic analysis and synthesis methods that can be applied to mechatronic applications*
- *precise methods based on abstractions that can be used to further independent learning*

**Methodische Umsetzung / Implementation**

Die Teilnehmer lernen

- Vorlesungen / Präsentationen
- Übungen mit auf MATLAB und Simulink basierenden Simulationen
- *Lectures using slides*
- *Tutorials with computer simulations based on MATLAB and Simulink*

**Inhaltliche Voraussetzungen / Prerequisites**

Bachelorlehrveranstaltungen zur Regelungstechnik werden vorausgesetzt-

*Undergraduate-level automatic control*

**Kombinationshinweise - Überschneidungen / Related and overlapping modules**

Keine / None

**Prüfungsmodalitäten / Assessments**

Mündliche Prüfung / oral exam

**Unterrichtssprache / Teaching Language**

Englisch / English

**Lehrmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

die Veranstaltung basiert auf Vorlesungsskripten, die zur Zeit in Vorbereitung sind und in naher Zukunft in IET Control, Robotics & Sensors veröffentlicht werden. Zusätzlich wird in der Veranstaltung auf Material aus folgenden Büchern zurückgegriffen:

The course is based on lecture notes, which are in preparation and will be published in *IET Control, Robotics & Sensors* in the near future. In addition, the course uses a selection of material from the books included in the list below:

1. J. Ackermann. Robust Control - The Parameter Space Approach, Springer Verlag, London, 2002
2. J. C. Doyle, B. A. Francis and A. R. Tannenbaum. Feedback Control Theory, Dover Publications, Inc. Mineola, New York, 1992
3. S. Skogestad and I. Postlethwaite. Multivariable Feedback Control - Analysis and Design, Wiley, England, 2005
4. K. J. Astrom and B. Wittenmark. Computer Controlled Systems - Theory and Design, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 2nd Edition, 1990
5. R. Isermann. Mechatronic Systems - Fundamentals, Springer Verlag, 2005

### III.4 Projektarbeit

<b>Bezeichnung</b> <i>Description</i>	<b>Projektarbeit</b> <i>Project</i>
Modulnummer / <i>Module ID</i>	v1 M.048.2800 v2 M.048.2801, M.048.2802
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	Projektgruppen arbeiten im Team an Aufgabenstellungen, die thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet sind. Diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen für den Projektbetrieb und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen. Project groups will be formed as teams to work on tasks where the relevant subjects are embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for project works and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.
Semester	3., 4. / <i>3rd, 4th</i>
Modulart <i>Module type</i>	Wahlpflichtmodul <i>Compulsory elective module</i>
Modulbetreuer	Lehrende des Instituts

<i>Module advisor</i>	<i>Lecturers of the institute</i>
<i>Sprache / Language</i>	<i>Deutsch, Englisch / German, English</i>
<i>Organisationsform Methodic implementation</i>	<i>Projektgruppe mit Betreuung durch die Lehrenden des Instituts Project team supported by lecturers of the institute</i>
<i>Semesterwochenstunden Contact hours per week per semester</i>	<i>6P 6P</i>
<i>Kreditpunkte / Credits ECTS</i>	<i>9</i>
<i>Lernziele Learning objectives</i>	<p>In der Projektarbeit sollen die Studierenden selbstständiges wissenschaftliches und ingenieurmäßiges Bearbeiten von abgegrenzten theoretischen und praxisbezogenen Aufgabenstellungen im Team praktizieren. Sie sollen dadurch zur Lösung komplexer Probleme im Team befähigt werden, wobei neben der Eigenständigkeit auch die Organisationsfähigkeit der Studierenden erlernt werden soll. Sie sollen auch in der Lage sein, die Forschungsaufgabe zu formulieren, die Auswahl der Methoden und die Analyse zu dokumentieren und das Ergebnis ihrer Arbeit strukturiert zu präsentieren. Nach dem Abschluss der Projektarbeit verfügen die Studierenden über vertiefte fachliche Kompetenzen in einem ausgewählten Bereich und erkennen den Anwendungsbezug ihrer Studieninhalte.</p> <p><i>In the course of the project work students should practice independent, scientific and engineering processing of clearly defined theoretical and practical tasks within the team. This should enable them to solve complex problems as a team, while at the same time acquiring the capability for independent working as well as organizational skills. The students should also learn to formulate the research task, document the methods and analysis and present the findings of their work in a structured manner. Having completed the project work, the students will command in-depth technical competences in a selected area and understand the application relevance of their course contents.</i></p>
<i>Prüfungsmodalitäten Assessments</i>	<i>1 Referat / The project work will be completed by presenting a paper.</i>

### III.5 Master-Arbeit

<b>Bezeichnung</b> <i>Description</i>	<b>Master-Arbeit</b> <i>Master thesis</i>
Lehrveranstaltungen <i>Courses</i>	<p>Die konkreten Inhalte der Master-Arbeit hängen von der jeweiligen Aufgabenstellung durch das betreuende Fachgebiet im Institut ab. Die Arbeit kann eher methodenorientiert aber auch mehr anwendungsorientiert sein; sie ist thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet. Diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen für Master-Arbeiten und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen.</p> <p>The concrete content of the master thesis depends on the task defined by the supporting group of the institute. The focus of the thesis can either be placed on the methods applied, or the thesis can be oriented towards the applications. In both cases, the thesis subject will be embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for master papers and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.</p>
Semester	4. / <i>4th</i>
Art <i>Type</i>	Wahlpflicht <i>Compulsory elective</i>
Betreuer <i>Advisor</i>	Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts / <i>Academic staff of the institute</i>
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch, Englisch / <i>German, English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	Die Master-Arbeit ist eine selbstständig zu erstellende schriftliche Prüfungsarbeit, die die wissenschaftliche Ausbildung abschließt. Sie kann auch in Form einer Gruppenarbeit zugelassen werden, wenn der als Prüfungsleistung zu bewertende Beitrag der einzelnen Kandidatin bzw. des einzelnen Kandidaten aufgrund der Angabe von Abschnitten, Seitenzahlen oder anderen

	<p>objektiven Kriterien, die eine eindeutige Abgrenzung ermöglichen, deutlich unterscheidbar und bewertbar ist.</p> <p><i>The master thesis is a written examination paper to be authored without external help, and completes the scientific training. A thesis written as group work is also admissible if the individual candidate's contribution to be assessed as an exam paper can be distinguished and evaluated on the basis of sections or pages specified and other objective criteria allowing a clear differentiation.</i></p>
<p>Semesterwochenstunden <i>Contact hours per week per semester</i></p>	<p>Die Aufgabenstellung soll so gestaltet werden, dass sie einschließlich der Vorbereitung eines Vortrags über die Arbeit einem Arbeitsaufwand von 6 Monaten Vollzeitarbeit entspricht.</p> <p><i>The task is to be defined so that the effort involved including the preparation of a lecture on the thesis, corresponds to 6 months full-time work.</i></p>
<p>Kreditpunkte / Credits ECTS</p>	<p>30</p>
<p>Lernziele <i>Learning objectives</i></p>	<p>Mit der Master-Arbeit hat die Absolventin bzw. der Absolvent gezeigt, dass sie bzw. er die Fähigkeit besitzt, innerhalb einer bestimmten Frist ein Problem der Elektrotechnik nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. In der Arbeit sind im Zuge des Studiums erworbene Kompetenzen, insbesondere fachlich-methodische Kompetenzen und gegebenenfalls fachübergreifende Kompetenzen, von der Absolventin bzw. vom Absolventen eingesetzt worden.</p> <p><i>By completing the master thesis the graduates prove their capability to elaborate on a problem in electrical engineering within a defined period of time by applying scientific methods. The thesis will also serve to prove that the graduates are capable of applying competences acquired in the course of their studies, in particular technical-methodical competences and where applicable interdisciplinary competences.</i></p>
<p>Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i></p>	<p>Die Master-Arbeit wird von zwei Prüfenden bewertet, wobei auch der Vortrag des Studierenden zu berücksichtigen ist.</p> <p><i>The master thesis will be assessed by two examiners, also taking into account the oral presentation delivered by the student.</i></p>